



Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

**Monitorización de movimientos de
bloques rocosos mediante técnicas
geomáticas masivas y automáticas.**

**Aplicación al sector de “Aguilles”
(Montserrat)**

Trabajo realizado por:

Begoña Placer Aspiroz

Dirigido por:

José Antonio Gili-Ripoll

Marc Janeras-Casanova

Master en:

Ingeniería del Terreno

Barcelona, 14 de Junio del 2019

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DECA)

TRABAJO FINAL DE MASTER

Agradecimientos

En este trabajo de fin de máster realizado en la Universidad Politécnica de Cataluña en el cual han participado distintas personas, tanto aportando ideas, colaborando, corrigiendo, enseñando, apoyando, y acompañando tanto en momentos críticos como no tan críticos, quiero darles las gracias.

En primer lugar, a mi tutor de tesina Josep Gili, agradecerle por haberme ofrecido este trabajo. Destacar la paciencia y disposición, por las numerosas tutorías a las que he asistido, y su tiempo dedicado implicándose en contestarme en todo momento. Debo agradecerle también su apoyo y profesionalidad, donde su experiencia y enseñanzas me han sido de gran ayuda, y sobre todo, de motivación para realizar el trabajo.

Al codirector Marc Janeras, por su soporte general y compañía en todo el transcurso del trabajo, destacando la colaboración en la presente tesina.

A la profesora Carol Puig, un especial agradecimiento por haberme recibido, por sus consejos, y también por la paciencia en enseñarme a utilizar el programa de CloudCompare.

Mis agradecimientos a la colaboración del equipo de la casa Leica, involucrado en la toma de datos y análisis. Me dirijo dando especial mención a Tomás Ruiz por prestarme el equipo para poder realizar parte de la investigación experimental del presente trabajo, y el tiempo empleado para explicar su funcionamiento.

A Todos mis amigos, familia y pareja, ya que con ellos he compartido mi tiempo, mis momentos más duros y buenos ratos. Quiero destacar la paciencia en dedicar su tiempo libre en leerse el trabajo. Gracias por escucharme y por haber estado ahí en todo momento.

Resumen

La montaña de Montserrat se localiza próxima a Barcelona, al noreste de España, caracterizada por ser una estructura masiva, formada por una alternancia de conglomerados con limolita y areniscas, siendo estos últimos de material más blando. Esto, junto a las elevadas pendientes y los procesos de erosión, suponen una elevada predisposición a la caída de bloques.

Estas características junto al número de visitantes que tiene la zona, las vías de transporte y las propias edificaciones, dan como resultado un área de alto riesgo por desprendimientos. Por ello, se está llevando a cabo desde 2014 el Plan de Mitigación del Riesgo Geológico (PMRG), promovido por el Patronato de la Muntanya de Montserrat (PMM) y gestionado técnicamente por el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).

En este TFM se han comparado diferentes sistemas geomáticos de monitorización para poder establecer ventajas, inconvenientes y ámbito de aplicabilidad dentro del citado plan PMRG de Montserrat. Se ha realizado un seguimiento y control de bloques rocosos potencialmente inestables por caída o por vuelco con el objetivo de experimentar lo que pueden dar de sí las siguientes técnicas de monitorización: Estación Total (operada de forma manual o automática; midiendo con o sin prisma), Multiestación y Láser Escáner Terrestre. Se han probado de manera extensa en tres zonas de estudio dentro de la montaña: Degotalls, Cadireta y Oliver. Toda esta investigación aplicada está orientada a mejorar el diseño de futuros dispositivos de monitorización frente a caída de bloques rocosos de tamaño medio o grande en otros emplazamientos de Montserrat.

La Estación Total controla la posición de unos pocos puntos, cada 3 meses en el caso del presente estudio, alcanzándose precisiones de 1 ó 2 mm incluso a distancias de 500m al trabajar por distanciometría diferencial. Se ha tenido ocasión de procesar, de manera mejorada y unificada, campañas anteriores de Cadireta y Degotalls, cubriendo varios años de mediciones y diversos mecanismos de deformación. En el caso de Oliver, iniciado en el transcurso del presente TFM, se han llevado a cabo tres campañas de campo; pero con la ventaja de que se han podido emplear varias técnicas de medida (Estación total, Multiestación y Láser Escáner). Estos últimos equipos obtienen “nubes de puntos” (cientos de miles), que se han podido comparar entre sí. Las precisiones son muy elevadas (3 a 5 milímetros), y pueden cubrir de manera espacialmente continua amplias zonas con bloques o lisos bajo control. Se han establecido así las ventajas e inconvenientes de cada método para el seguimiento de bloques rocosos en distintas situaciones de accesibilidad y riesgo en la montaña de Montserrat. Parte de las conclusiones pueden ser generalizadas a otros enclaves con problemas de desprendimientos similares.

Abstract

Montserrat is located next to Barcelona, northeast of Spain, being a massive structure, formed by a conglomerate, sandstone and siltstone alternation, the latter being a softer material. This, together with the steep slopes and the erosion processes, suppose a high predisposition to rockfalls.

These characteristics, together with the number of visitors that the area has, the transport routes and the buildings themselves, result in a high landslide risk area. For this reason, a Geological Risk Mitigation Plan, promoted by the Board of Montserrat (PMM) and technically managed by the Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), has been carried out since 2014.

In this Master Final Thesis (TFM), different geomatics monitoring systems have been compared in order to establish advantages, disadvantages and scope of applicability within the aforementioned Mitigation plan. We have monitored and controlled potentially unstable rock blocks (prone to falling or toppling) in order to assess the potentiality of the following monitoring techniques: Total Station (manual or automatic operation, with or without reflector prism), Multistation and Terrestrial Laser Scanning. They have been extensively tested in three study areas within the mountain: Degotalls, Cadireta and Oliver. All this applied research is aimed at improving the design of future monitoring setups to supervise rockfall of blocks of medium or large size in other Montserrat sites.

The Total Station controls the position of a few points, every 3 months in the case of the present study, reaching precisions of 1 or 2 mm even at distances of 500m when working by differential EDM. We have had the opportunity to re-process optimally previous campaigns of Cadireta and Degotalls, covering several years of measurements and various mechanisms of deformation. In the case of Oliver, initiated during this TFM, three field campaigns have been carried out; with the advantage that we have been able to use several measurement techniques (Total Station, Multistation and Laser Scanner). These last devices obtain "point clouds" (hundreds of thousands), which have been compared between them. The precision are very high (3 to 5 millimeters), and can cover, with spatial continuity, large monitoring areas. Hence, the advantages and disadvantages of each method for monitoring rock blocks in different situations of accessibility and risk in Montserrat have been established. The conclusions might be partly generalized to other sites with similar rockfall problems.

Índice

1	Introducción	6
1.1	Objetivos del trabajo	7
1.2	Contenido del TFM.....	8
2	Estado del Arte	9
2.1	Montserrat, geología y estructura	9
2.2	Antecedentes: problemas de desprendimientos y trabajos previos	14
2.3	Técnicas disponibles para monitorizar desprendimientos	16
3	Emplazamientos experimentales en Montserrat	22
3.1	Degotalls (pared Norte)	23
3.2	Cadireta d' Agulles	24
3.3	Oliver	26
4	Descripción de las campañas de campo llevadas a cabo	28
4.1	Degotalls	28
4.2	Cadireta d'Agulles	31
4.3	Oliver	33
4.4	Programa para operación automática de la TM30	35
4.5	Procesado de las campañas de medida con Estación Total.....	38
4.6	Adquisición de datos con TLS y <i>Multiestación</i>	41
5	Análisis de resultados y discusión	43
5.1	Degotalls	43
5.2	Cadireta d'Agulles	45
5.3	Oliver	47
5.3.1	Estación Total.....	48
5.3.2	TLS y Multiestación	50
6	Conclusiones.....	54
	Conclusiones sobre los instrumentos/procedimientos estudiados	54
	Conclusiones particulares sobre los tres emplazamientos estudiados.....	55
	Líneas de investigación futuras	56
	REFERENCIAS.....	57
	ANEJOS	60
	ANEJO A.....	60
	DESCRIPCION DEL PROGRAMA VB TOMA DE DATOS ASISTIDA.....	60
	LISTADO DEL PROGRAMA	64
	ANEJO B.....	72

DATOS DE LAS CAMPAÑAS	72
ANEJO C	110
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INSTRUMENTACIÓN	110

1 Introducción

El macizo de Montserrat se localiza en la zona central de Cataluña, forma parte de la Cordillera Prelitoral Catalana. El macizo está formado por grandes capas de conglomerados intercalados por capas de limolita y arenisca, que fueron depositados en el borde de la cuenca del Ebro por los ríos que erosionaban la Cordillera Prelitoral tras su levantamiento en el Eoceno (Meléndez Hevia, 2004).

Debido a la baja actividad tectónica se ha preservado la horizontalidad de los estratos, pero también se han formado unos conjuntos de diaclasas verticales dominantes, ortogonales y muy persistentes, con espaciamentos de 1 a 10 m (Alsaker et al., 1996; López-Blanco et al., 2000). Se debe tener en cuenta tanto la influencia de las familias de discontinuidades en el macizo rocoso como la variación de material de capas duras y blandas. La estructura masiva, junto a los procesos de erosión y degradación en la base de algunos grandes bloques, son los que dan lugar a los desprendimientos rocosos en Montserrat. El registro histórico reciente de dichos desprendimientos confirma de manera evidente el peligro real que supone este tipo de inestabilidad.

Al tratarse de un Parque Natural, con un santuario y monasterio, el elevado peligro de caída de bloques, junto con la elevada tasa de visitantes, da lugar a una zona de alto riesgo.

Debido a esta situación, el presente proyecto se ha orientado a la caracterización de los desprendimientos de bloques, estudiando los sistemas para monitorizar dichos movimientos mediante técnicas geomáticas, masivas y automáticas (Figura 1). Para ello, se han realizado campañas de campo centradas en la experimentación de las técnicas mencionadas. Como zonas de aplicación, se han escogido tres enclaves en la vertiente Norte de la montaña, dos cercanos a la zona de Agulles y otro más cercano al monasterio. En el presente trabajo, las tres zonas se han denominado “Degotalls (pared Norte)”, “Cadireta” y “Oliver”.



Figura 1. Desprendimiento de rocas registrado en la pared de Degotalls en diciembre de 2008, donde se produjo un evento de 890 m³ (a). En la b, impactos de roca en la carretera, y en la c, sobre las vías del ferrocarril. (Janeras et al., 2017)

A partir de un trabajo de fin de grado anterior (Cabranes, 2015), en el presente TFM se ha dispuesto una red de control de movimientos en los tres enclaves mencionados. Las medidas de desplazamiento se han llevado a cabo mediante una Estación Total (Leica TM30) en operación manual y automática, una Multiestación (Leica MS60) y un Láser Escáner (Leica RTC360), con el fin de determinar las posibilidades de cada uno.

1.1 Objetivos del trabajo

El objetivo principal o general de la presente tesina consiste en establecer cuáles son las ventajas, inconvenientes y el ámbito de aplicabilidad para las diversas técnicas de monitorización basadas en Medida Electrónica de Distancias mediante infrarrojos (MED, incluye Estación Total y Láser Escáner), todo ello aplicado al seguimiento y control de desprendimientos de bloques rocosos como los de Montserrat.

Para la obtención del objetivo principal, se han acometido los siguientes objetivos concretos o particulares:

- Automatizar la operación de la Estación Total mediante la programación y control de la misma desde un ordenador.
- Comparación entre medida con y sin prisma reflector.
- Colaboración en la realización de campañas de campo trimestrales, tanto en emplazamientos ya existentes (Cadireta y Degotalls) como en el que se ha creado específicamente en el seno de este TFM (Oliver).
- Procesado homogéneo de las campañas de campo realizadas, desde el inicio de las campañas MED en la zona (diciembre 2014), incorporando ahora la corrección por temperatura y humedad.

1.2 Contenido del TFM

El presente trabajo está formado por 7 capítulos: el capítulo 2 se describe el estado de arte que engloba la geología y evolución geomorfológica del macizo de Montserrat, el riesgo de las caídas de bloques, trabajos anteriores y las técnicas empleadas para la monitorización; en el capítulo 3 se detalla tanto las zonas de estudio como la ubicación; En el siguiente, las campañas que se han podido llevar a cabo para la medida de desplazamiento con los sistemas de monitorización empleados, así como los software empleados y procesado de las campañas; en el capítulo 5 se van a analizar y discutir los resultados de las tres zonas; y por último se recogerán algunas conclusiones y posibles líneas de investigación futuras de la zona.

En los anejos, se incluirán tanto programas, como los datos completos de las campañas, y las características técnicas de los instrumentos utilizados en las campañas de monitorización.

con una diferencia de altura de 1.000 m (Janeras et al., 2017). Las laderas están escalonadas con acantilados verticales donde se alternan los conglomerados con materiales blandos cubiertos de vegetación y depósitos coluviales. El punto más alto es Sant Jeroni con una altura de 1.236 m, como se puede observar en la Figura 3.



Figura 3. Vista de la vertiente norte de Montserrat. La zona de “Agulles” queda a la derecha del macizo, mientras que el Monasterio se encuentra a la izquierda de la imagen. Los tres emplazamientos o enclaves de estudio del TFM se han indicado con círc

Debido a la baja actividad tectónica de la zona se ha preservado la horizontalidad de las capas estratigráficas, aunque ha dado lugar a unos conjuntos bastantes planares, verticales, ortogonales, persistentes y muy dominantes con espaciado que varía de 1 a 10 m (Alsaker et al., 1996 and López-Blanco et al., 2000).

Debido a la estructura geológica de este macizo una de las consecuencias más habituales es la tendencia a generar desprendimientos de roca, de grandes bloques individuales.

La montaña de Montserrat constituye un Parque Natural el cual alberga un santuario y un monasterio, con una estimación de unos 3 millones de visitantes al año: la mayor parte se concentran en la zona del monasterio (accediendo por carretera o por cremallera), pero unos ochocientos mil se reparten por el resto del Parque Natural para practicar escalada o senderismo (Janeras et al., 2017).

El peligro de las caídas de bloques, supone para el turismo, construcciones y accesos tanto por la carretera como por la cremallera un alto riesgo de desprendimientos en la zona (Fontquerni et al., 2013 y Palau et al., 2011). Por ello, a pesar de la magnitud de los eventos, los desprendimientos rocosos son extremadamente rápidos por lo que se hace difícil tomar acciones evasivas cuando este evento ocurre (Volkwein et al., 2011), apareciendo así tanto daños materiales como, en el peor de los casos personales. Para

ello, hay que tomar medidas de protección y poder así minimizar los daños dentro de la medida de lo posible.

Montserrat se encuentra en la zona de la Cordillera Prelitoral Catalana, en la cual aflora un proceso geológico particular. El origen de esta zona se debe a esfuerzos tectónicos de compresión, pero es de un origen diferente a lo habitual. Se trata de una erosión diferencial entre rocas duras (conglomerados) y blandas (arcillas y areniscas), como resultado de la acción del agua sobre los conglomerados que se filtran por las diaclasas agrietando las rocas (Cabranes, 2015).

Durante la edad del mesozoico, en el triásico se depositaron los materiales que componen el macizo de Montserrat. Primero surgieron grandes ríos que dieron lugar a las facies rojas del Buntsandstein, a continuación una ocupación del mar que dio lugar a las facies marinas del Muschelkalk inferior y superior separadas por unas facies continentales del Muschelkalk medio (Martínez-Rius, 2006). Posteriormente, la sedimentación continuó durante millones de años acumulando en toda Cataluña miles de metros de diferentes rocas.

Hace aproximadamente 50 millones de años, durante el eoceno inferior, el centro de Cataluña se encontraba ocupado por mar (Martínez-Rius, 2006). Flanqueando la cuenca del Ebro se desarrollaba una plataforma marina detrítica donde crecieron algunos arrecifes, en la desembocadura de los ríos se drenaba la cadena costera catalana (Cabranes, 2015). Los ríos no resultaban ser ni muy largos ni caudalosos por lo cual el material que aportaban dio lugar a abanicos aluviales costeros y pequeños deltas, en los que se depositaron materiales finos en las zonas más alejadas y centenares de metros de guijarros en las proximidades de la costa, estos últimos son los que dieron lugar a las montañas de Montserrat y Sant Llorenç del Munt (Martínez-Rius, 2006) (Figura 4 izquierda).

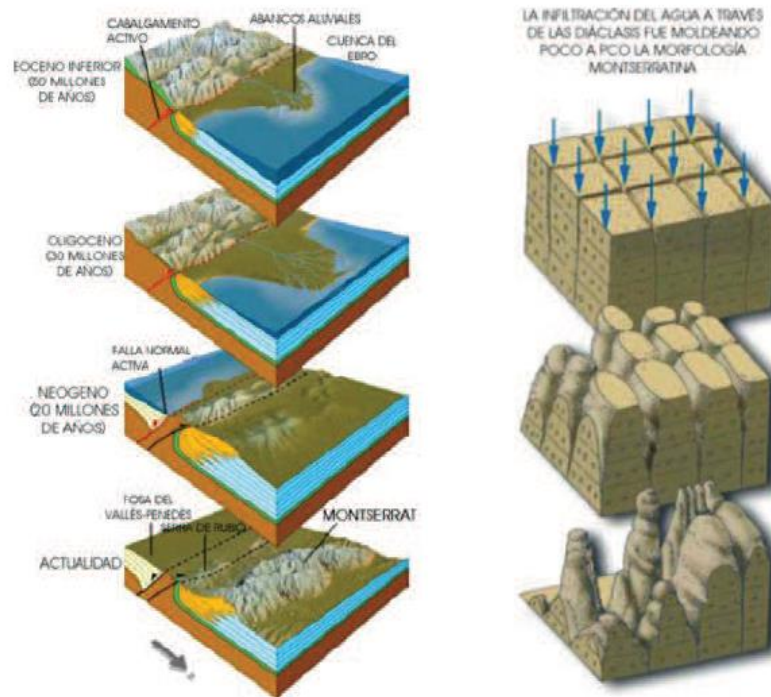


Figura 4. Evolución geológica del ámbito montserratino. Izquierda: formación del macizo. Derecha: erosión del mismo hasta las formas actuales (explicación completa en el texto). Figura extraída de Martínez-Rius, 2006.

El modelaje del paisaje actual de Montserrat se debe a los agentes externos (agua, viento, hielo, etc.). Los materiales blandos y poco deformables dan lugar a morfologías suaves y en cambio las que son más duras y plegadas dan lugar a morfologías más abruptas. Estas pequeñas montañas que componen Montserrat, corresponden a abanicos aluviales descritos anteriormente. Los materiales más redondeados se acumulan en la zona más interior de los abanicos los cuales se cimentaron dando lugar a conglomerados, que se tratan de rocas más duras que el material que se encuentra alrededor.

Lo que caracteriza este paisaje son las agujas o pináculos que lo componen, que se trata de una combinación de la erosión de los conglomerados con una red tupida de diaclasas, fracturas con dirección NNE-SSO y NO-SE (Martínez-Rius, 2006). El agua se filtra disolviendo el carbonato cálcico del cemento del conglomerado, pudiendo generar cavidades más o menos amplias (Figura 4 derecha).

La morfología de las rocas sedimentarias de la unidad superior corresponde a conglomerados y brechas poligénicas masivas, y en menor proporción, areniscas y lutitas rojas. Los conglomerados están clastosoportados y son heterométricos. Las

brechas presentan clastos que van de angulosos a subredondeados, mal seleccionados y el diámetro varía de milímetros a decímetros. Ambos, contienen una matriz de arenisca y lutitas de color rojizo con una fábrica desorganizada y muy bien cimentada. El grosor máximo de cada unidad es de unos 600 metros. Los conglomerados son los que dan lugar a desprendimientos que pueden llegar a alturas superiores a los 100 metros (Cabranes, 2015).

La orientación de las diaclasas favorece el desarrollo de las agujas y pináculos con alturas que van de decámetros a hectómetros. Las zonas en las cuales la matriz resulta menos cementada, el efecto del agua genera una disgregación y rotura de la roca generando una pérdida de cohesión. Esta, da lugar a grandes desprendimientos de bloques.

A continuación, se hablará de los materiales y de la estratigrafía de la zona como se puede observar en el mapa geológico de la Figura 5. Los materiales se van a describir de base a techo.

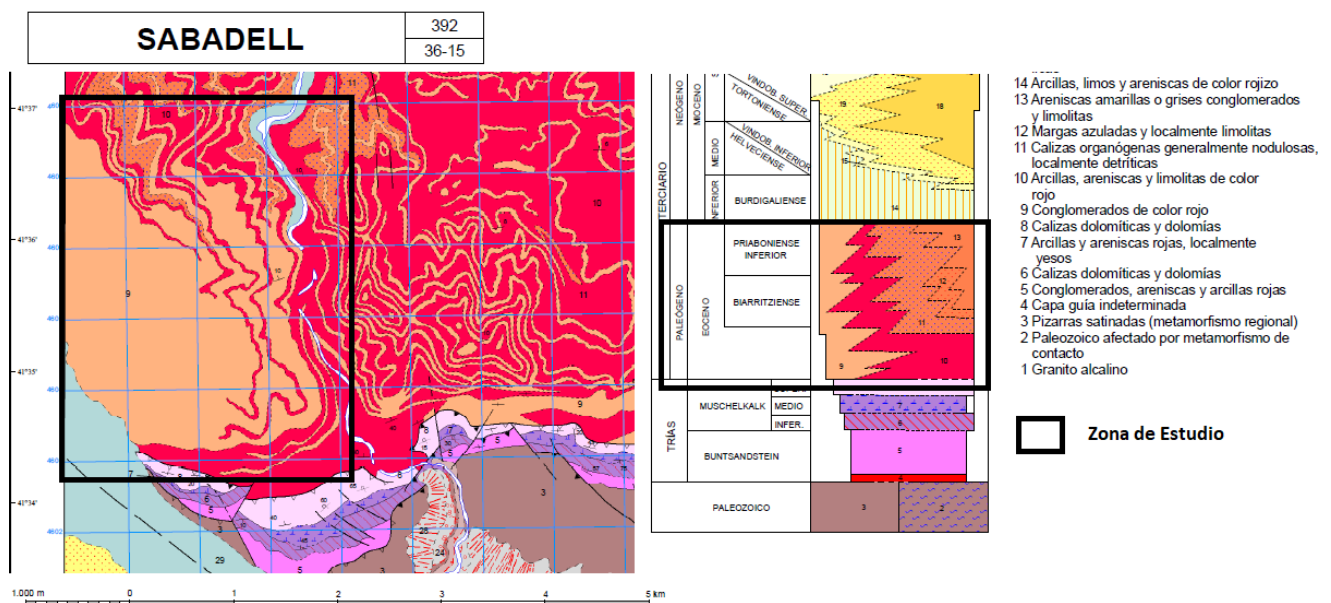


Figura 5. Mapa geológico recortado para la zona de Montserrat. Escala original 1/50000. Hoja Magna50-392, Sabadell, obtenida de IGME (2019). También disponible en ICGC (2019).

La zona de estudio, se encuentra en el terciario concretamente en el periodo paleógeno, serie eoceno. Los materiales del terciario, se encuentran repartidos por dos cuencas, separadas por dos cordilleras, siendo la del norte la depresión del Ebro (Paleógeno) y por el sur la del Vallés-Penedés (Neógeno).

Paleógeno de la Depresión del Ebro

Los materiales paleógenos ocupan la zona catalana de la cuenca del Ebro, esta zona también es conocida como Depresión Central Catalana.

Conglomerados de color rojo. Facies rojas meridionales (Paleógeno Inferior-Medio) (9).

Se trata de una alternancia de arcillas, areniscas y conglomerados de color rojo. La sedimentación de color rojo refleja un ambiente continental y fluvio-lacustre que queda definida como Pontils (IGME, 2019). Destacar una manifestación de los ríos Llobregat y Caldas el cual genera materiales gruesos que constituyen una facies característica de la Depresión Terciaria del Ebro (Cuña de Montserrat).

Conglomerados heterométricos, dominando los carbonatos tanto en cemento como en los elementos (Montserrat).

Arcillas y areniscas rojas, localmente yesos. Facies marinas de la unidad intermedia (Biarritziense-Priaboniense) (10)

Corresponde al borde que puede representar un cambio lateral de los términos más altos (formación de Montserrat).

La sedimentación marina se encuentra perturbada por aportes de clastos gruesos desde el Sur que dan lugar facies de borde.

La invasión marina al Sur corresponde al valle del Llobregat, haciendo que se cargue de areniscas.

2.2 Antecedentes: problemas de desprendimientos y trabajos previos

La geología y estructura descrita en el epígrafe anterior (litología y familias de discontinuidades que afectan a las paredes), son terrenos abonados para la aparición de numerosos problemas de desprendimientos, problema ya citado en la introducción.

Según la magnitud del volumen de la caída de bloques, los desprendimientos en Montserrat se dividen en más de seis órdenes. De una manera simplificada, los mecanismos que se consideran pueden concretarse en tres (Janeras et al., 2017). De menor a mayor volumen (entre paréntesis, valores típicos):

- M3, desagregación de guijarros del conglomerado por meteorización de la cementación (0,001-0,03 m³).
- M2, en el segundo mecanismo se desprenden losas y placas de roca (Hencher et al., 2011), se relaciona con la meteorización física cercana a la superficie (0,3-10 m³).
- M1, el último genera grandes bloques y agujas, delimitados por las juntas de alta persistencia y por planos de estratificación (30-1000 m³).

Una de las causas principales que pueden generar caídas de bloques, son los debidos al socavamiento de niveles blandos de lutitas, o por la caída de bloques de las zonas más inferiores. También, se debe tener en cuenta que el condicionante principal para que se genere un desprendimiento de rocas es que la pendiente tenga un ángulo mínimo aproximado de 45° (Corominas et al., 2003), y un alto porcentaje de las laderas superan dicho umbral. Además de la pendiente, la estratificación y las diaclasas tienen un papel importante (Royan y Vilaplana, 2012).

Otro factor que favorece los desprendimientos, son la alteración y erosión de los niveles más blandos, que tienen una correlación con la circulación de agua por las discontinuidades y por los niveles blandos.

La frecuencia de la caída de bloques se encuentra alrededor de 10 desprendimientos por año con un rango de magnitud de metros cúbicos (Janeras et al., 2013). Desde principios de siglo, se han ido realizando trabajos de protección tanto activos como pasivos, a lo largo del ferrocarril y del acceso al monasterio por carretera (Janeras et al., 2011).

Los sucesivos desprendimientos que tuvieron lugar en un acantilado de 170 m de altura llamado Degotalls entre 2001 y 2008 (el de 28 de diciembre de 2008 en especial), llamaron la atención sobre la importancia de detectar cambios en el estado de las paredes rocosas. Merece la pena citar que esta línea de trabajo quedó establecida de forma sistemática mediante el Plan de Mitigación del Riesgo Geológico (PMRG) de Montserrat, vigente desde 2014. Está financiado por el gobierno catalán y promovido por el "Patronat de la Muntanya de Montserrat" (PMM), la entidad pública que gestiona la parte patrimonial del Monasterio de Montserrat y del Parc Natural. El PMRG de Montserrat es ejecutado técnicamente por la unidad de riesgos geológicos del ICGC (Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña).

El control del estado del macizo persigue dos objetivos: detectar colapsos parciales, incluso si son pequeños, ya que podrían revelar unos mayores fallos; y detectar

deformaciones en la pared de roca durante la progresión de la ruptura en el tiempo. Ambos pueden ser signos premonitorios de desprendimientos de rocas. Por lo tanto, la monitorización geomática y la observación o supervisión sistemáticas son esenciales para un mejor seguimiento del riesgo y para la mejor comprensión de los mecanismos de inestabilidad.

Trabajos previos

Debido a los diversos eventos que se produjeron en la zona, tanto desprendimientos en enero del 2007, como los deslizamientos y flujos hiperconcentrados o corrientes de derrubios en Junio del 2000 (Copons, 2008), se tuvieron que iniciar investigaciones, así como caracterizar y cuantificar los riesgos que se producen para así realizar procesos de mitigación de riesgo e imponer un método de gestión sostenible.

Por estos eventos anteriores, se implementaron diferentes técnicas en la zona como: el análisis estructural; detección de desprendimientos y análisis de relación magnitud-frecuencia; laser escáner terrestre (TLS); radar (GBSAR); fotogrametría; y el monitoreo de desplazamientos con Estación Total, que se puso en marcha de 2014-2016 con el objetivo de comprender el comportamiento de la masa rocosa (Janeras et al., 2017; Cabranes, 2015).

2.3 Técnicas disponibles para monitorizar desprendimientos

La monitorización de los movimientos del macizo a lo largo del tiempo es un excelente método de evaluación y mitigación del riesgo (Arosio et al., 2009).

En el documento de revisión ClimChAlp (2008), se puede encontrar una enumeración y descripción bastante completa del abanico de técnicas de monitorización de inestabilidades de ladera, abarcando técnicas geodésicas, geotécnicas, geofísicas y de teledetección.

El caso de los desprendimientos en Montserrat tiene unas características muy especiales: pendientes elevadísimas, inaccesibilidad, los desplazamientos esperados son muy reducidos. También se debe tener en cuenta de que se trata de una zona protegida (Parque Natural), y por ello los métodos a emplear no pueden dañar la zona ni causar impacto visual.

Los sistemas de monitorización usados hasta el momento han sido (Janeras et al, 2017): fisurímetros, clinómetros, Estación Total, GBSAR, Láser Escáner Terrestre (TLS).

De los sistemas citados, en el seno de la presente tesina se ha trabajado con los sistemas basados en la medida de distancias con láser; concretamente: Estación Total (con prisma, sin prisma), Multiestación y Láser Escáner Terrestre (TLS). Se ha tenido ocasión de comprobar las respectivas ventajas e inconvenientes de dichas técnicas. A continuación, se hace una descripción compacta de las técnicas e instrumentos usados. En los capítulos siguientes se verá cómo se han usado y los resultados obtenidos.

Estación Total

Es una de las técnicas más simples, conocidas y de relativo bajo coste. La Estación Total permite obtener medidas angulares, tanto horizontales como verticales con una gran precisión de alrededor de 1"; y medida de la distancia mediante un láser de infrarrojo.

Se trata de un sistema de monitorización adecuado para un limitado número de puntos en uno o varios bloques bajo control.

Para la monitorización se requieren tres componentes: (1) una red de referencia materializada con prismas fijos en una posición estable de tal forma que se pueda observar desde la Estación Total; estos puntos de referencia se emplean para controlar y acomodar en su caso hipotéticos cambios de posición de la propia Estación Total; (2) una o más Estaciones Totales en el terreno, (3) un grupo de prismas (denominados en general prismas de control) sobre la zona de posible inestabilidad (Artese et al., 2018). En la Figura 6 se muestran algunos prismas, y en la Figura 7 la Estación Total empleada en este TFM, de la que se da más información en el Anejo C.

La operación es muy sencilla. La Estación Total envía un rayo láser para medir distancias con una luz infrarroja para detectar y medir el punto objetivo (Lienhart, 2017). Las Estaciones Totales modernas pueden medir con prismas y sin prisma. Con prisma, se pueden alcanzar distancias de hasta 3.500 m con una precisión de $\pm (1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$. Sin prisma, el alcance es mucho más reducido; según modelos, se pueden llegar relativamente bien hasta 250 m. La precisión dependerá de la naturaleza del blanco y su estado (humedad, color, luz, inclinación).



Figura 6. Prismas y miniprismas empleados en Montserrat.



Figura 7. Estación Total marca Leica, modelo TM30 empleada para la toma de datos en este TFM.

La TM30 es una Estación Total motorizada, capaz de seguir órdenes de un PC-controlador. La TM30 fue operada manualmente durante los trabajos antecedentes al TFM presente (Cabranes, 2015). Las campañas de campo se han podido semi-automatizar mediante control por ordenador en el seno de la presente tesina. El programa se describe en el epígrafe 4.4 y en Anejo A.

Láser escáner terrestre (TLS)

El láser escáner terrestre (TLS), es una tecnología para la captura eficiente de grandes nubes de puntos alrededor del instrumento. Es particularmente ventajosa para monitorizar pendientes y zonas inaccesibles.

Aunque de construcción sofisticada, su operación es simple: se emite un láser en un pulso de luz corto (en general, de infrarrojo cercano) a través de un generador láser (también llamado ‘motor’ o ‘bomba’ de laser). Parte de la energía vuelve al TLS después de rebotar en los objetos circundantes. A partir de este retorno, el instrumento calcula la distancia al objeto, en general empleando la técnica “time of flight” (TOF, tiempo de vuelo) (Petrie y Toth, 2008; y Lato et al., 2012). Se escanea tanto en la dirección horizontal como en la vertical, mediante el desvío del haz láser con espejos giratorios. Puede realizar un escaneo de varios miles de puntos cada segundo (ClimChalp, 2008). Para cada punto se registran las coordenadas 3D en el sistema de coordenadas que se fija en el escáner, y también intensidad; casi todos los escáneres actuales también registran el color (RGB) de cada punto mediante una cámara o un sensor coaxial. Tras unos pocos minutos de escaneo, el resultado es un modelo en 3D altamente detallado, ya que consta de millones de puntos, lo que se conoce como “nube de puntos”.

Los TLS para aplicaciones en campo abierto pueden alcanzar fácilmente hasta 700-1000 m. El alcance disminuye según la inclinación de las facetas del objeto en relación a la visual, según la reflectividad del material y el color/estado de la superficie. La precisión varía con la distancia, siendo típicamente de unos 5-7 mm a una distancia de 100 m, muy variable según la rugosidad del objeto. El TLS empleado en este TFM ha sido marca Leica modelo RTC360 (Figura 8 y anejo C).



Figura 8. TLS marca Leica, modelo RTC360 empleado para la toma de datos en este TFM.

Multiestación Topográfica

Se trata de la combinación de todas las tecnologías de medición disponibles, adaptándose de forma supervisada a los diferentes trabajos. Exteriormente es semejante a una Estación Total Motorizada, pero la Multiestación cuenta con un motor o “bomba de láser” (típica de los TLS), y con cámara fotográfica coaxial con el anteojo.

Es capaz de escanear y crear de manera rápida nubes de puntos grandes (de centenares a miles de puntos) y modelos 3D en una sola sesión. La adquisición por nube de puntos se puede combinar con toma de puntos manual y con captura fotográfica, por lo que el resultado final es muy completo y versátil.

Permite la realización de fotografías con la cámara coaxial. El campo visual se puede ver por pantalla, facilitando la búsqueda y permitiendo una buena puntería al punto incluso para visuales muy empinadas.

En la Figura 9, se puede observar la Multiestación MS60 empleada en la zona de Oliver. Información adicional sobre este equipo se puede encontrar en el Anejo C.

En modo “Estación Total midiendo punto a punto”, tiene un alcance de varios km con prisma reflector estándar, y precisión entre $\pm (1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ y $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$. Sin prisma puede llegar hasta 1 km.

En modo escáner, la productividad varía con la distancia, siendo de 1000 puntos/segundo hasta 300 m; de 60 puntos/segundo a 500 metros; y de 1 punto/segundo hasta un máximo de 1000 m (según el fabricante, Anejo C).



Figura 9. Multiestación marca Leica, modelo MS60, empleada para la toma de datos en este TFM.

3 Emplazamientos experimentales en Montserrat

Como se puede observar en el mapa topográfico de la Figura 10, la montaña de Montserrat vista en planta tiene forma ovalada con orientación NO-SE, una longitud aproximada de 8 Km y una anchura de 3 Km.

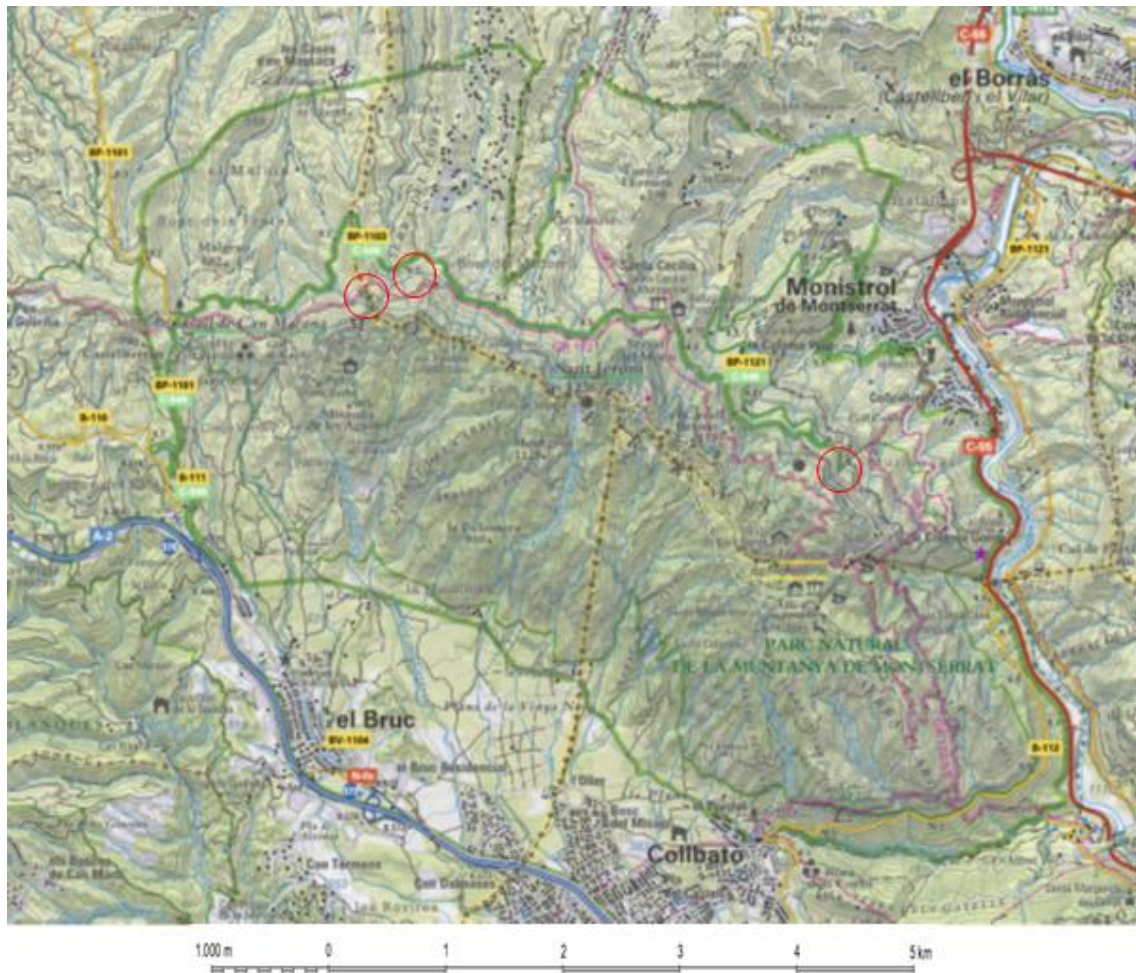


Figura 10. Mapa topográfico de Montserrat. Con tres círculos de color rojo se indica la ubicación aproximada de las tres zonas de estudio. De Oeste a Este: Cadireta d'Agulles; Oliver; Degotalls. La imagen de fondo es de ICGC (2019b).

Es importante conocer la estructura e historia de inestabilidades del macizo, para poder establecer cualquier dispositivo con el fin de obtener la medida de desplazamientos.

Las tres zonas de estudio analizadas en la presente tesina, se encuentran en la vertiente norte de la montaña (Figura 10): Cadireta d'Agulles; Degotalls; Oliver. Son tres emplazamientos favorables en los que tiene sentido llevar a cabo la investigación experimental de monitorización de movimientos de bloques debido a los trabajos

previos. En Cadireta d'Agulles y Degotalls, se está midiendo de manera experimental con Estación Total desde hace años (Cabranes, 2015); la zona de Oliver se ha empezado a medir en el seno de esta tesina, aunque se tenían conocimientos previos de inestabilidades anteriores y potenciales. A continuación, se hace una descripción muy general de las tres zonas.

Los detalles del procedimiento y de las campañas de medición en cada zona se presentaran en el capítulo cuarto y se discutirá en el quinto.

3.1 Degotalls (pared Norte)

El topónimo “Degotalls” se refiere a un área donde en la época húmeda gotea agua en algunos puntos de la base de la pared rocosa. De las tres zonas de estudio, esta zona es la más próxima al Monasterio (Figura 11), se ubica por encima del sendero del mismo nombre, del aparcamiento y del acceso principal al monasterio. Tiene una cota aproximada de 800 m.s.n.m. En esta pared rocosa a lo largo de los últimos años, se han producido una serie de eventos de gran magnitud, siendo el de 28 de diciembre de 2008 el más notable ya que se vio afectado tanto el aparcamiento como la carretera y la vía del tren cremallera que llegan al monasterio.

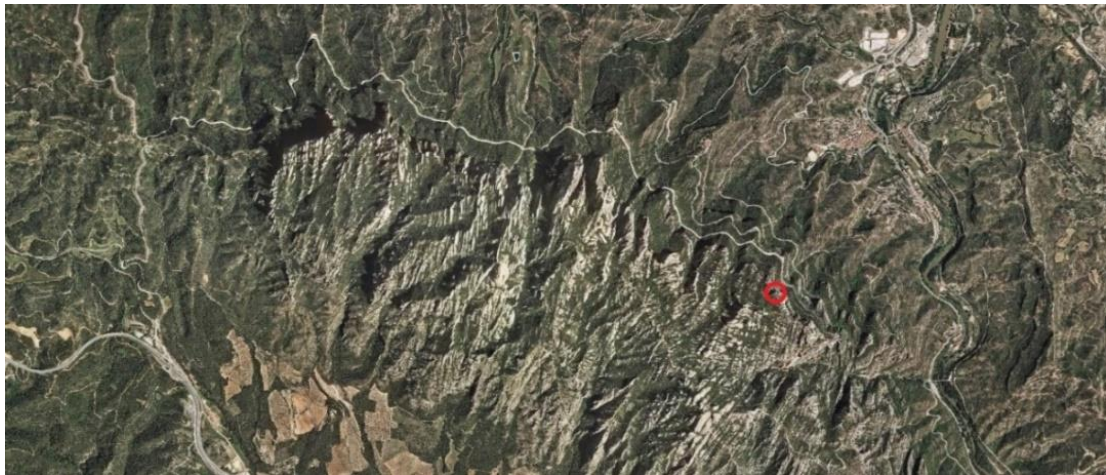


Figura 11. Localización de Degotalls (círculo rojo) en el macizo de Montserrat (imagen de fondo de Iberpix 4 (IGN)).

De esta área, en la presente tesina se han realizado medidas de campo con Estación Total en la pared norte de Degotalls, concretamente sobre dos bloques (bloque B y bloque 2) (Figura 12), con el objetivo de confirmar el comportamiento de los mismos según resultados de otras técnicas de monitorización. El primer bloque era uno

relativamente pequeño que había quedado en situación precaria tras el gran desprendimiento de 2008. El “bloque” 2, en realidad es una “zona” que quedó con una serie de fracturas y salientes tras las labores de saneado y refuerzo posteriores a la rotura de 2008; para mejorar la situación de dicha zona, se reforzó con una malla de cables de acero. En ambos bloques, se instaló algún tipo de sensor físico (un fisurómetro en el bloque B y un extensímetro para medir la tensión de un cable de acero de la malla en el bloque 2). Ambos bloques también son escaneados con TLS en cada una de las campañas periódicas que lleva a cabo la Universidad de Barcelona para el ICGC (Blanch et al, 2017; Royan et al, 2012, 2016; Janeras et al, 2017).



Figura 12. Imagen de los bloques de estudio de la pared Norte de Degotalls (círculo amarillo discontinuo).

3.2 Cadireta d' Agulles

El área de Agulles es considerada como la zona más representativa del macizo de Montserrat por su singularidad paisajística y tradición popular. Entre las comarcas del Bages y Anoia, es la zona más occidental de la vertiente norte del macizo (Figura 13), con una cota media de 830 m.s.n.m. La roca (conglomerado) de este sector tiene un aspecto compacto. La zona es abrupta, aunque diversos caminos para senderistas la cruzan.



Figura 13. Localización de la Cadireta d'Agulles (círculo rojo) en el macizo de Montserrat (imagen de fondo de Iberpix 4 (IGN)).

El objeto concreto bajo monitorización, es un bloque ciclópeo de unos ocho mil metros cúbicos conocido como “Cadireta d'Agulles” (“Sillita”), aunque en otras descripciones populares se nombra como “el buda”. Se trata de un gran bloque redondeado que presenta una gran parte de su volumen en extraplomado, sobre el vacío. Esta forma característica se debe al colapso parcial de la base de la antigua aguja, y a la erosión diferencial en una capa de lutitas, en la base. La impresión de inestabilidad potencial que tiene el visitante se ve acrecentada por las vistas sobre el bloque que se ofrecen desde la carretera o desde los senderos de los alrededores, y por la presencia, muy cerca, de otra singularidad espectacular: la “roca foradada” (Figura 14).

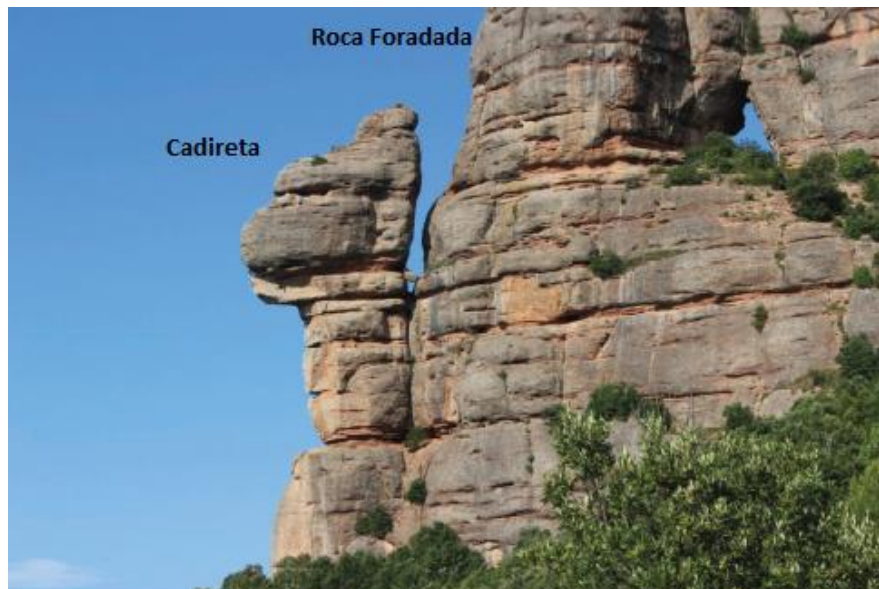


Figura 14. Vista de la Cadireta y de la Roca Foradada desde el Oeste.

3.3 Oliver

Se localiza en la carretera BP-1103, en el P.K. 3, entre Santa Cecilia y Can Massana (Figura 15). La cota media de la zona es aproximadamente 700 m.s.n.m. Esta zona de trabajo es una nueva aportación de la presente tesina.



Figura 15. Localización del emplazamiento de Oliver (círculo rojo) en el macizo de Montserrat (imagen de fondo de Iberpix 4 (IGN)).

En las inmediaciones de Oliver, el ICGC ha localizado varios desprendimientos en las últimas décadas, como el de la Figura 16.

El objeto de la monitorización es una laja o “lastra” (Figura 17) situada en la denominada “Cova dels Oms”. La “lastra” o laja que aparece en la figura, cerca de la cabecera de la pared, podría generar daños similares a los producidos por desprendimientos anteriores. Se ha estimado para la lastra de la Figura 17 un área de 23,5 m².

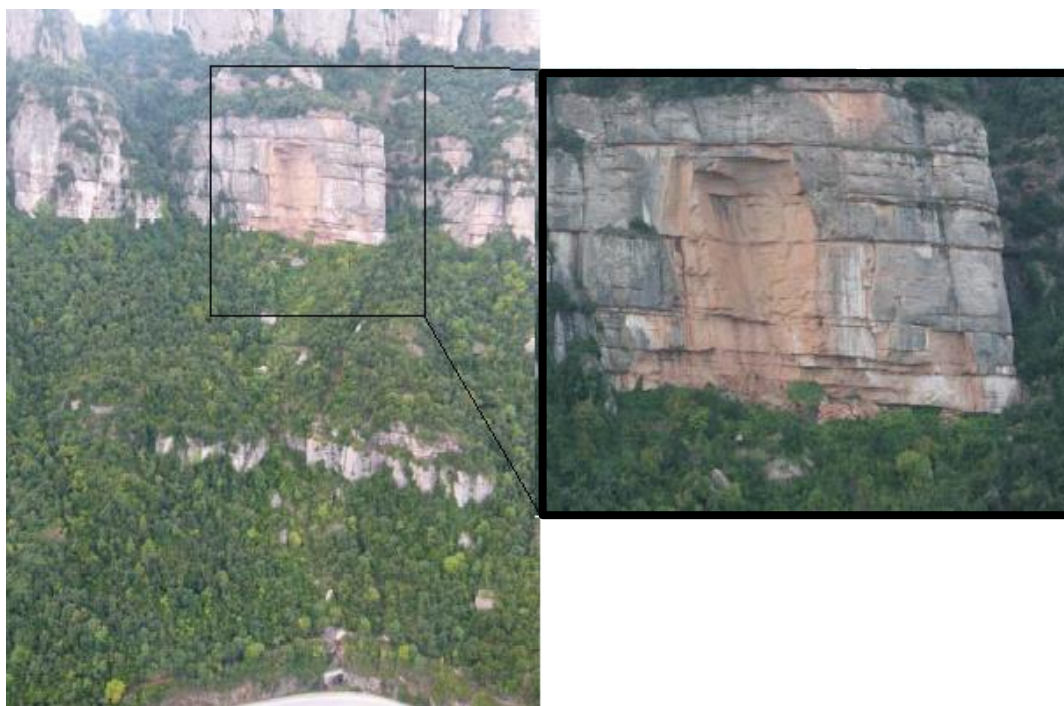


Figura 16. Desprendimiento anterior (2011-2012) cerca de la cova dels Oms (imágenes obtenidas del ICGC).



Figura 17. Vista oblicua de la zona de Oliver con detalle de la lastra en la cabecera de la pared. (Imágenes ICGC).

4 Descripción de las campañas de campo llevadas a cabo

En este capítulo, se van a describir las campañas de campo que se han llevado a cabo para contrastar las posibilidades de las distintas técnicas de monitorización de bloques de roca en la realidad. Emplazamiento a emplazamiento, se va a explicar la operativa de las mediciones trimestrales con Estación Total. En el punto 4.3 se describirá el programa desarrollado para que la E.T. TM30 opere automáticamente. A continuación, se detallará el procesado de las campañas para elaborar los resultados netos por campaña. Finalmente, se explicará la experimentación que se ha llevado a cabo con los equipos con posibilidades de “escáner” (TLS y Multiestación). Los resultados netos se presentan y analizan en el capítulo siguiente.

En los dos primeros emplazamientos (Degotalls y Cadireta) las campañas de campo son continuación de las iniciadas en un proyecto anterior (Cabranes, 2015), mientras que en “Oliver” las campañas de medición se iniciaron el 3 de diciembre de 2018, en el seno de este TFM y para conseguir los objetivos marcados en él. En concreto, en “Oliver”, además de con la Estación Total sin prisma, se ha medido con TLS y con Multiestación, según se desarrolla en # 4.6.

4.1 Degotalls

La primera campaña se llevó a cabo el 22 de febrero del 2018, con Estación Total sobre dos bloques en la pared Norte de Degotalls: el bloque B y el bloque 2 (Figura 18 y Figura 20). Como se ha explicado en #3.1, se empezó a medir en este emplazamiento para confirmar el comportamiento de los dos bloques que se estaban monitorizando contemporáneamente con otras técnicas, y poder evaluar así el comportamiento de las mismas.

Para ello, el ICGC instaló previamente unos prismas reflectores en los bloques a controlar. En cada campaña, la Estación Total se sitúa en la zona del aparcamiento (Figura 19), las visuales salvan una distancia alrededor de 200 metros, y un fuerte desnivel.

Antes de iniciar las campañas con Estación Total, el ICGC instaló prismas reflectores en ambos bloques: 3 prismas (uno de control y dos de referencia) en el bloque B; 7 prismas (4 de control y 3 de referencia) en el bloque 2 (Figura 20). Actualmente, solo se

toman medidas del bloque 2, ya que el bloque B cayó al poco de empezar a realizar las campañas con E.T.



Figura 18. Pared norte de Degotalls. En el cuadrado rojo se puede ver la ubicación general del bloque B en la pared y a la derecha, dentro del círculo rojo, un detalle del mismo. (Fotos ICGC).



Figura 19. Vista en planta de la zona de Degotalls. La flecha blanca corresponde a una visual desde la estación Total hacia la pared norte (imagen base: Google Earth).

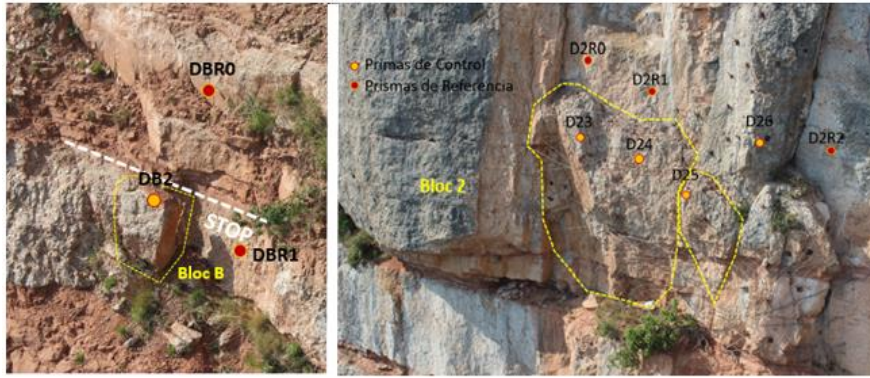


Figura 20. Degotalls, esquema global de la disposición de los prismas del bloque B (izquierda) y del bloque 2 (derecha) (fotos ICGC).

Los “observables” que se registran para cada punto y campaña son: lectura del ángulo horizontal y vertical, lectura de distancia (se toman hasta que convergen, mínimo 3 medidas por prisma). Estos valores se procesan según se describe en #4.5 para obtener las gráficas de evolución de cada bloque.

En la Tabla 1, se relacionan las 7 campañas de campo disponibles para el emplazamiento de Degotalls hasta el momento de redacción del presente TFM. Como se trabaja por diferencia de campañas a la campaña inicial (“0”), estas 7 producen 6 valores “movimiento” a lo largo del tiempo.

Tabla 1. Campañas disponibles para Degotalls a fecha actual.

Numero de Campaña	Fecha	Observaciones
0	30/11/2017	Solo se realizó la campaña para el bloque B (los prismas del bloque 2 aún no disponibles).
1	22/02/2018	Se midieron ambos bloques, pero se dio por perdido el prisma DB2 (bloque B desprendido).
2	31/05/2018	-
3	31/08/2018	Se tuvo que repetir debido a niebla persistente en la zona (en Agosto).
4	03/12/2018	-
5	04/03/2019	-
6	21/05/2019	-

4.2 Cadireta d'Agulles

El emplazamiento de Cadireta fue el primero en empezar a monitorizarse, el 31 de diciembre del 2014, con 20 campañas desde entonces. El punto donde se realiza el estacionamiento de la E.T. y la adquisición de datos es próximo a la carretera BP-1103, (rodea la montaña por la cara norte), situado en un apartadero (Figura 21). Las visuales son aproximadamente de unos 500 m, con un fuerte incremento de altura.

Antes del inicio de las campañas, escaladores del ICGC instalaron un total de 11 prismas (Figura 22): 5 prismas son de control, encima de la Cadireta (3 son prismas estándar, 2 son miniprismas); 6 prismas son de referencia (2 son prismas estándar, 4 son miniprismas). Un prisma de estos últimos (miniprisma de referencia en la base de la Cadireta) desapareció en 2015, pero se ha podido seguir con el mismo dispositivo dada la redundancia del diseño.

En la Tabla 2, se relacionan las 20 campañas de medida llevadas a cabo hasta la fecha.



Figura 21. Emplazamiento de Cadireta, zona de estacionamiento. La flecha amarilla corresponde a una visual desde la Estación Total hacia la Cadireta (imagen base, Iberpix4, IGN).

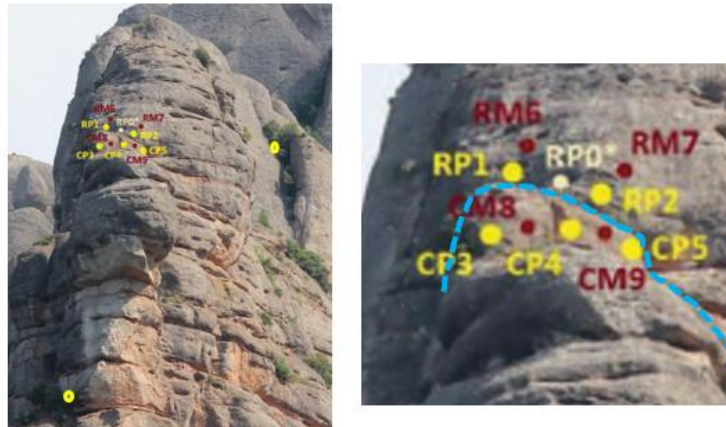


Figura 22. Izquierda: esquema global de la disposición de los prismas en la Cadireta y pared posterior. Derecha: ampliación de la parte superior de la aguja, que se ha enmarcado en línea azul discontinua para clarificar lo que son prismas de control en

Tabla 2. Campañas disponibles para Cadireta a fecha actual.

Numero de Campaña	Fecha	Observaciones
0	31/12/2014	El RMB desapareció.
1	22/01/2015	RMB repuesto y RMF instalado.
2	11/02/2015	-
3	20/05/2015	El día anterior llovió mucho.
4	19/08/2015	-
5	19/11/2015	-
6	29/02/2016	-
7	31/05/2016	-
8	31/08/2016	El RMB desapareció, se dejó de medir.
9	24/11/2016	-
10	20/02/2017	-
11	25/05/2017	-
12	24/08/2016	-
13	30/11/2017	-
14	23/02/2018	El sol al principio impidió la visualización al principio.
15	31/05/2018	-
16	31/08/2018	Se tuvo que repetir por niebla en la zona.
17	03/12/2018	-
18	04/03/2019	Se tomaron medidas también de forma automatizada.
19	21/05/2019	-

4.3 Oliver

En este emplazamiento, se ha probado la técnica de la Estación Total midiendo directamente a diversos puntos de la lastra potencialmente inestable (Figura 24), sin prisma reflector, aprovechando que la distancia estación – lastra es adecuada (unos 95 m). Esta estrategia de monitorización, permitiría cubrir otros bloques similares sin el coste y la complicación de la colocación de prismas reflectores por escaladores. Hay que tener en cuenta además el peligro que entraña la instalación de los prismas en bloques en situación precaria de estabilidad.

Se ha instalado la estación en la zona de descanso que tiene la carretera BP-1103 en las inmediaciones de la lastra (Figura 23).



Figura 23. Vista en planta de la zona de estacionamiento en Oliver La flecha amarilla corresponde a una visual desde la Estación Total hacia la lastra (imagen visor Iberpix 2 del IGN)

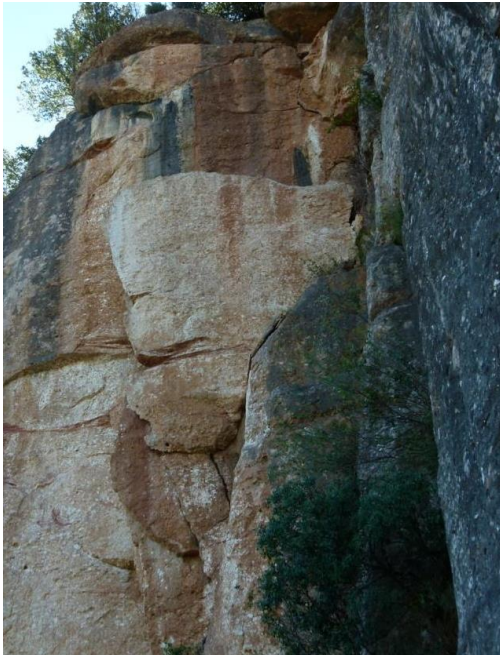


Figura 24. (Izquierda): lastra "Oliver" vista desde el pie de la pared (foto ICGC).

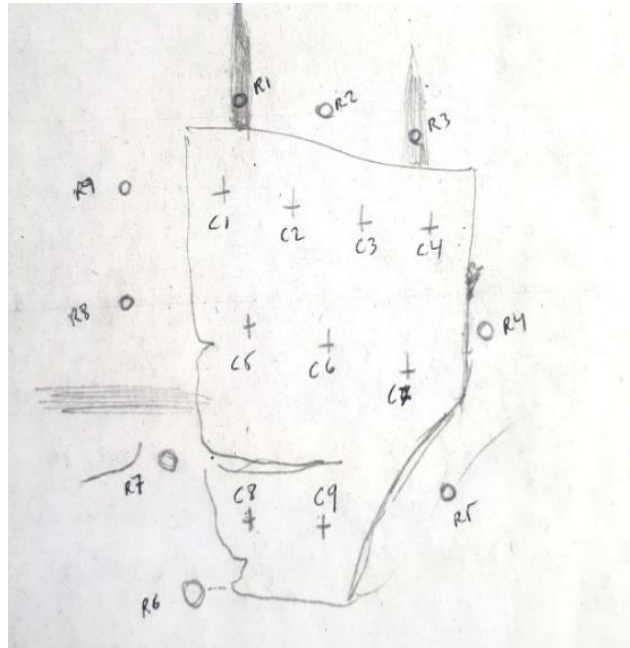


Figura 25. (Derecha): lastra "Oliver", Esquema de los puntos donde se mide.

La primera campaña se llevó a cabo el 3 de diciembre del 2018. En este emplazamiento es especialmente importante la orientación inicial de la Estación Total, para la correcta identificación de los puntos a medir sobre el liso. No hay ni prisma ni señal que permita, cada campaña, medir en la misma "dirección" (vector espacial); las visuales se recuperan mediante replanteo de los mismos valores angulares (lectura ángulo horizontal y lectura ángulo vertical). Cuando se han conseguido esas dos lecturas, se hacen varias medidas de distancia hasta obtener valores "estables" (cerca de unos pocos milímetros; mínimo 3 medidas). Los puntos de referencia que se usan inicialmente para la orientación de la Estación Total son dos carteles y la esquina de una casa lejana. Tras ello es fácil localizar el punto de referencia R6 en la pared rocosa de la que se desgaja el liso o lastra bajo control; R6 está ligeramente por debajo de la lastra y a su izquierda (Figura 24). En total, en el liso se han establecido 18 puntos: 9 puntos de control (C) y 9 de referencia (R), como se puede observar en el esquema de la Figura 25.

En esta misma zona, se ha realizado una adquisición de puntos del liso con una Multiestación Leica MS60 y un Laser Escáner Leica modelo RTC360, para comparar ventajas e inconvenientes de los distintos métodos para monitorizar bloques sin usar prismas. El desarrollo de estas pruebas se describe en el apartado 4.6.

Oliver es un emplazamiento que se ha iniciado en el seno del presente TFM, por lo que el número de campañas es de cuatro, más reducido que en los anteriores (Tabla 3).

Tabla 3. Campañas disponibles para Oliver a fecha actual

Numero de Campaña	Fecha	Observaciones
0	03/12/2018	Con Estación Total, sin prisma.
1	04/03/2019	Con Estación Total, sin prisma.
2	03/04/2019	Adquisición con Multiestación y TLS de Leica
3	21/05/2019	Con Estación Total, sin prisma.

4.4 Programa para operación automática de la TM30

Una de las aportaciones netas del TFM a las pruebas de monitorización en la montaña de Montserrat, ha consistido en automatizar la operación de la Estación Total TM30 mediante programación y control de la misma desde un ordenador (mediante un programa “ad hoc” escrito por la autora en lenguaje Visual Basic). Si bien es cierto que estos programas para controlar Estaciones Totales ya existen comercialmente (Geomoss de Leica, Geoscope de Soldata, etc), el programa desarrollado es muy simple, adaptado a los experimentos de monitorización en Montserrat, escalable, y óptimo en términos de coste.

Así, ahora es posible llevar a cabo las campañas de campo de una manera más rápida, cómoda y segura (frente a errores de escritura de los observables en la libreta de campo). La Estación Total, funciona de manera autónoma (aunque supervisada): tras el estacionamiento, la E.T. sigue una cadena de operaciones pre-establecida (las típicas de cada campaña: apuntar, medir, grabar los valores obtenidos) (Nyren et al, 2012).

La organización de los equipos es la siguiente: la E.T. se conecta a un PC mediante el cable de datos+alimentación (Figura 26). A partir de este momento, el operador /programa del PC controla la Estación Total. En el PC, se pueden almacenar directamente los datos tomados en campo, enviar los datos obtenidos en campañas anteriores, se puede observar si se ha producido un cambio, etc.

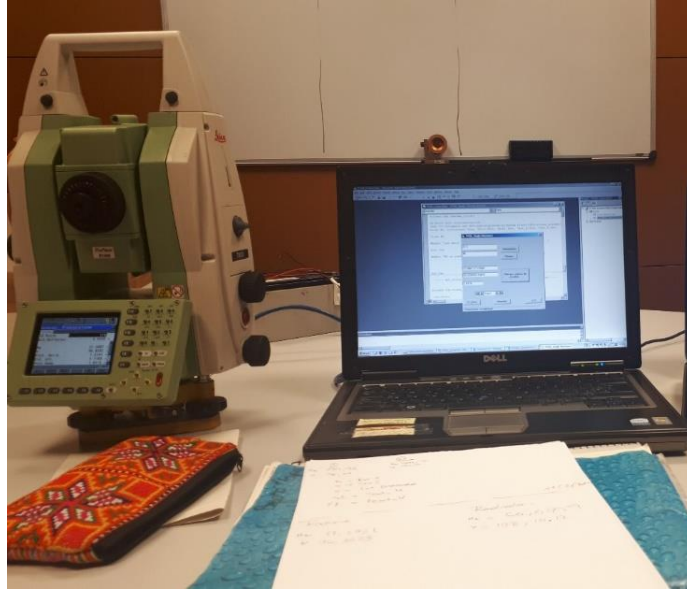


Figura 26. Estación Total Leica TM30 y ordenador empleado para controlarla.

Concretamente el programa actual hace lo siguiente: para cada prisma, lleva la visual hasta la orientación donde se encontraba el mismo en la campaña anterior. En ese momento se hace una localización automática del prisma (ATR). Una vez establecida la visual al centro del prisma, se hacen varias medidas de distancia. Finalmente se graban los observables actuales (Hz, V, Dgeom) en la memoria del PC. Información adicional del programa, junto con su listado, se puede encontrar en el Anejo A.

El programa actual, con eventuales adaptaciones, podría servir para el *monitoring* continuo y automático de alguna zona con prismas, podría adaptarse para medir sin prismas, o servir como base para un sistema alerta temprana (EWS).

Tras la elaboración del programa, el día 4.3.2019 se llevó a cabo una campaña de campo en la zona de Cadireta para probar su funcionamiento, comprobándose que era correcto. Los datos y tablas completos de esta comprobación “manual vs. Programa” se encuentran en el Anejo B. En la Tabla 4, se comparan los datos tomados con el programa con los de una campaña manual del mismo día, obteniéndose diferencias muy pequeñas, por debajo de 0,5 mm para las distancias (nuestro principal “observable”).

Tabla 4. Diferencias entre observaciones (ángulos horizontales y verticales y distancia geométrica) tomados manualmente y con el programa de control de la TM30. Cadireta.

Diferencias			
Puntos	Hz (gon)	V (gon)	D.Geom(m)
RP1	0,0070	-0,0009	0,0003
	0,0069	-0,0003	0,0003
	0,0069	-0,0010	0,0001
RP2	0,0064	-0,0005	0,0001
	0,0065	-0,0002	-0,0001
	0,0079	-0,0005	-0,0005
RM6	0,0062	-0,0013	0,0000
	0,0070	-0,0007	-0,0002
RM7	0,0035	-0,0021	-0,0002
	0,0064	-0,0007	0,0000
	0,0064	-0,0005	-0,0001
CP3	0,0052	-0,0008	-0,0002
	0,0053	-0,0005	0,0000
CP4	0,0048	-0,0009	0,0002
	0,0057	-0,0007	0,0001
CP5	0,0056	-0,0004	0,0003
	0,0057	-0,0003	0,0000
CM8	0,0059	-0,0006	0,0000
	0,0057	-0,0006	0,0002
CM9	0,0058	-0,0002	0,0001
	0,0053	0,0002	0,0000
RMF	0,0084	-0,0007	0,0000
	0,0087	-0,0011	0,0002

Las diferencias angulares también son reducidas, aunque por ejemplo, se observa una diferencia “en bloque” entre 5 y 7 mgon para el Hz. Esta diferencia no afecta a la situación relativa de los puntos, dado que siempre orientamos angularmente todo el estacionamiento a partir del punto CP3. En la Tabla 5, se han calculado las diferencias angulares pero referidas a las de dicho prisma. Como se ve, ahora las diferencias (tanto Hz como V) son de unos pocos segundos centesimales.

Tabla 5. *Idem* tabla 4, pero reduciendo los valores angulares a valores relativos a los del prisma CP3.

Puntos	Hz (gon)	V (gon)
RP1	-0,0016	0,0001
RP2	-0,0016	-0,0002
RM6	-0,0014	0,0004
RM7	-0,0001	0,0005
CP3	0,0000	0,0000
CP4	0,0000	0,0001
CP5	-0,0004	-0,0013
CM8	-0,0006	0,0001
CM9	-0,0002	-0,0007
RMF	-0,0034	0,0002

4.5 Procesado de las campañas de medida con Estación Total

Tras la realización de todas las campañas, se ha tenido la ocasión de procesar las campañas de campo realizadas desde el inicio de una manera unificada y homogénea.

Los datos que se obtienen durante cada campaña de monitorización, como se ha dicho, son valores de las medidas angulares, así como las distancias. Después de las pruebas con varias estrategias de cálculo (Cabranes, 2015), se hace un seguimiento de la evolución de los bloques basándonos sobre todo en el observable “distancia”.

En algunas campañas (las primeras), se anotaban la Distancia horizontal (R) y el Desnivel de la visual (t) (Figura 27); mientras que en otras se anotaba la Distancia geométrica o inclinada (D). Para conseguir tener siempre la Distancia geométrica, se ha usado la ecuación 1 (teorema de Pitágoras, basado en la Figura 27).

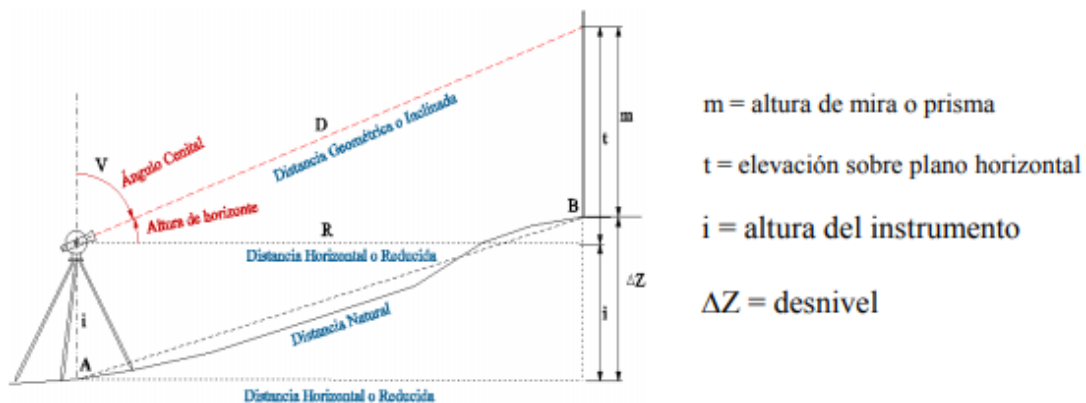


Figura 27. Esquema de la Estación Total lanzando una visual a un prisma (Santamaría y Sanz, 2005).

$$Distancia\ Geometrica = \sqrt{Distancia\ horizontal^2 + Diferencia\ de\ altura^2} \quad Ec. 1$$

En Cabranes (2015), se estableció como óptimo hacer el seguimiento de la evolución de los bloques basándose sobre todo en el observable “distancia”, concretamente en la variación de la diferencia de distancias entre prismas cercanos (referencia – control). Aunque es un control 1D, es preciso (orden del milímetro) y robusto, dado que evita el ruido (error) de las observaciones angulares (que a distancias de varios centenares de metros dan variaciones de algunos centímetros en la posición 3D de los puntos).

Como se veía en Cabranes (2015) es conveniente, en la medida de lo posible, la alineación entre los dos prismas (referencia-control) y la Estación Total. A partir de las distancias geométricas, se realizan los cálculos de incrementos de distancia para cada pareja de prismas (referencia-control) que se han establecido (Ecuación 2):

$$\Delta DG_{AB,n} = (DG_{A,n} - DG_{B,n}) - (DG_{A,0} - DG_{B,0}) \quad Ec. 2$$

Siendo:

A y B: prismas a diferenciar, normalmente uno de referencia y uno de control

0, 1, 2,... n: número de las campañas.

Los valores obtenidos representan la variación de distancia entre esos dos prismas desde el inicio de la monitorización; su gráfica a lo largo del tiempo nos indicará la evolución de ese prisma en el espacio. Estrictamente hablando sería la proyección del vector desplazamiento del prisma sobre la visual (o Line-of-sight).

Corrección por temperatura y humedad

En la presente tesina, se incluyó para los cálculos por primera vez la corrección por temperatura y humedad, ya que, en las mediciones se ha de tener en cuenta los efectos atmosféricos. La velocidad de la luz emitida por el distanciómetro de la Estación Total (también del TLS y similares) depende del índice de refracción del aire, el cual está influenciado por la temperatura media del aire, la presión atmosférica y la humedad relativa del aire. Esto significa que la misma distancia física dará diferente lectura en el *display* en función de la temperatura reinante a lo largo de la visual. Aunque algunos equipos pueden hacer la corrección internamente, nosotros tenemos desactivada esa opción al trabajar con la TM30. Hacemos la corrección posteriormente siguiendo la

ecuación de Barrel y Sears (Ecuación 3), que depende ligeramente de la longitud de onda del distanciómetro (Lienhart, 2017). Para la E.T.TM30 la fórmula es la siguiente:

$$\Delta D1 = 286.34 - \left[\frac{0.29525 * p}{(1 + \alpha * t)} - \frac{4.126 * 10^{-4} * h}{(1 + \alpha * t)} * 10^x \right] \quad \text{Ec. 3}$$

Siendo:

ΔD_1 Corrección atmosférica (ppm)

p Presión atmosférica (mbar)

t Temperatura del aire a la sombra (°C)

h Humedad relativa del aire (%)

$$\alpha = \frac{1}{273.15}$$

$$x = (7.5 * t / (273.3 + t)) + 0.7857$$

Dado el observable usado en Montserrat, diferencia de distancias, se había anticipado que la corrección por temperatura y humedad no iba a ser muy notable. En la Figura 28, se ve el impacto de la corrección en una distancia de ejemplo. Aunque sea una corrección pequeña, ahora ya está contemplada en el procedimiento de procesado de los datos.

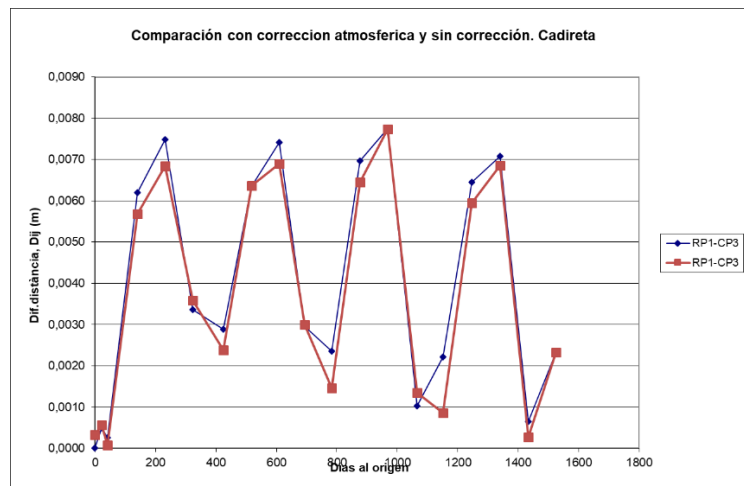


Figura 28. Relación entre resultados antes de la corrección por Tª y Humedad (azul) y después de la corrección (rojo).

4.6 Adquisición de datos con TLS y *Multiestación*.

Como se ha explicado en la introducción del capítulo, en el emplazamiento de Oliver, además de medir con la Estación Total sin prisma, el 3 de abril de 2019 se ha llevado a cabo un experimento con dos equipos con posibilidades “escáner”: una Multiestación y un escáner (TLS) (Lato, 2012). La Multiestación es de Leica, modelo MS60; el TLS también Leica, modelo RTC360.

Ambos instrumentos, cuyas características técnicas se encuentran en el Anejo C, nos va a permitir obtener las coordenadas XYZ de una numerosa serie de puntos del terreno (concretamente de la laja potencialmente inestable en el paraje “cova dels Oms”), que se conoce como “nube de puntos”. Además de la nube de puntos, también se almacena el color del píxel y la intensidad, la cual corresponde a la fracción de la energía que regresa al TLS (este valor depende de la distancia, de la atmósfera y del material donde el rayo ha rebotado).

Para cubrir el área de estudio se realizaron 4 escaneos, dos con la Multiestación y los otros dos con el TLS desde una distancia estación-laja de 95 m aproximadamente

Tras la captura de campo del día 3 de abril de 2019, los pasos de procesado han sido: recorte de la nube; “alineación” de cada nube con respecto al primer conjunto de datos obtenidos. Para este tratamiento de las nubes de puntos se ha usado el programa “CloudCompare” (Girardeau-Montaut, 2017).

El recorte inicial de la nube de puntos se hace para centrarse en el objeto de interés (liso). Borrando partes periféricas de la nube, se eliminan, por ejemplo, puntos de vegetación que no interesan para el seguimiento del bloque de roca.

Los escaneados de la zona de la laja Oliver con la MS60 ha obtenido unos 135.000 puntos en unos pocos minutos. Tras la limpieza de la vegetación y zona perimetral no interesante, cada una de las nubes que se comparan en la Figura 35 tiene unos 48.500 puntos (corresponde a una resolución espacial de 2 x 2cm). De manera similar, con el RTC360 se adquirieron 40.000.000 de la zona de Oliver con dos estacionamientos distintos, en unos pocos minutos. La nube de puntos que aparece en la Figura 36, resultante del escaneado con el RTC360, tras la limpieza de la vegetación y zona perimetral no interesante, contiene unos 19.000 puntos (corresponde a una resolución espacial de 3,5 x 3,5 cm).

Una vez hecha la alineación de los modelos a comparar, se ha empleado el algoritmo M3C2 de CloudCompare para evaluar las diferencias (Figura 29). Este algoritmo en lugar de hacer la comparación entre dos nubes punto a punto, hace una búsqueda más ajustada y va a dar un valor medio entre las distancias de los puntos que se encuentran dentro de un cilindro, por lo tanto, va a reducir errores relacionados con la rugosidad del terreno, minimiza las distancias encontradas y va a definir mejor los potenciales desprendimientos (Blanch et al., 2017).

Los resultados de las comparaciones entre los modelos obtenidos en estas pruebas con captura masiva se van a presentar y analizar en el punto 5.3 del próximo capítulo.

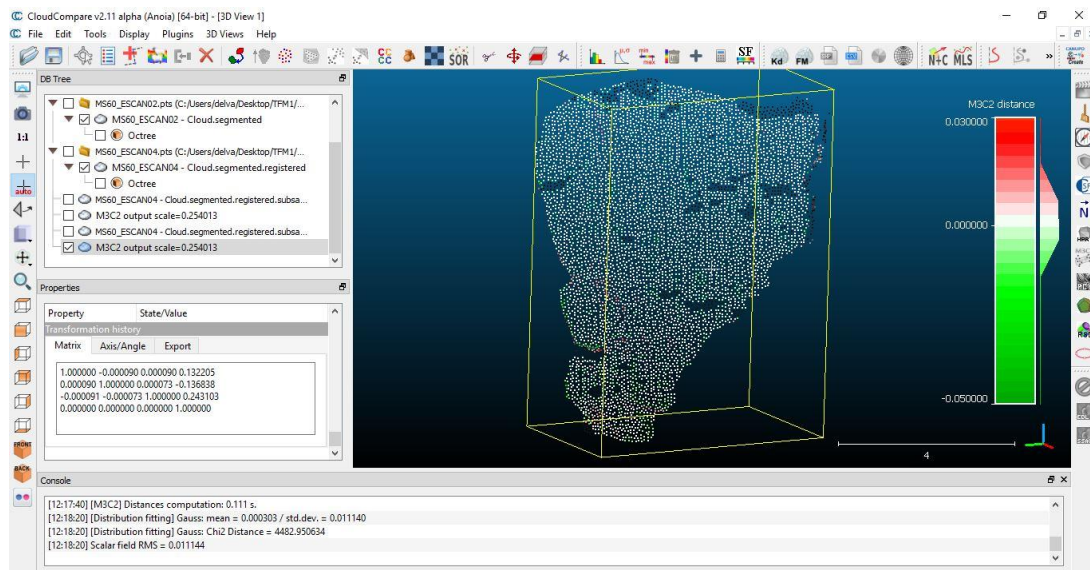


Figura 29. Pantalla de trabajo del programa CloudCompare con la laja de Oliver a la derecha.

5 Análisis de resultados y discusión

En este capítulo, se presentan y valoran los resultados obtenidos en las campañas de campo, emplazamiento a emplazamiento, así como las evoluciones globales de los bloques bajo control experimental. A la vez, se pretende discutir el nivel de funcionamiento de las diferentes técnicas e instrumentos empleados.

Los datos y resultados completos se han recopilado en el anejo B. Aquí solo se han incluido las gráficas más importantes, las que resumen tanto el movimiento de los prismas y de los bloques como la precisión de las mediciones.

Como se ha reseñado en #4.5, de los ángulos y distancias que se obtienen durante cada campaña de monitorización, se usan básicamente las diferencias de distancias para el seguimiento de los bloques, siguiendo las conclusiones del trabajo anterior (Cabranes, 2015). Al trabajar con diferencias-de-distancias (referencia – control) se consigue eliminar el efecto de muchos errores de comportamiento quasi-sistemático; por ejemplo, los errores del marco de referencia (coordenadas absolutas o relativas) o errores debido a la atmósfera y sus cambios a lo largo de una visual y entre visuales a diferentes prismas.

5.1 Degotalls

Los resultados numéricos que se han obtenido de las trayectorias principales, son las relaciones de los puntos de control con los de referencia basándonos en los puntos más próximos, ya que nos basamos en las variaciones de las distancias. Como se puede observar en la Figura 30, las relaciones serán entre el D23-D2R0, D24-D2R1, D25-DR1 y D26-D2R2. Donde la letra D se refiere a Degotalls y la R a que es de referencia. Donde el numero 2 significa que es el bloque 2 y el 3 se refiere al número de primas que es.

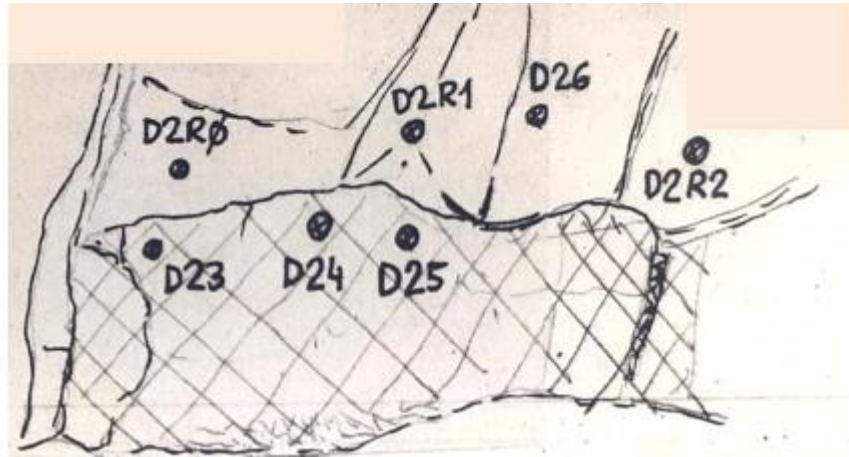


Figura 30. Degotalls, bloque 2, esquema de la situación de los prismas.

De todos los datos de los distintos puntos, se presenta a continuación la Tabla 6 con las relaciones entre prismas, es decir, la diferencia de distancias. En el anejo B se presentan los valores tanto angulares como de distancias de cada punto.

Tabla 6. Degotalls: Incremento de distancias geométricas entre prismas (incluye corrección por temperatura).

RESULTADO DE CADA CAMPAÑA CON CORRECCIÓN ATMOSFERICA							DIFERENCIAS AL ORIGEN			
Nº CAMPAÑA	DÍA	DÍAS AL ORIGEN	D23-D2R0	D24-D2R1	D25-D2R1	D26-D2R2	D23-D2R0	D24-D2R1	D25-D2R1	D26-D2R2
1	22/02/2018	0	3,1274	2,2120	4,0383	0,6486	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	31/05/2018	98	3,1264	2,2107	4,0379	0,6487	0,0010	0,0014	0,0004	-0,0001
3	31/08/2018	190	3,1275	2,2116	4,0382	0,6485	-0,0001	0,0005	0,0001	0,0001
4	03/12/2018	284	3,1278	2,2132	4,0385	0,6492	-0,0003	-0,0011	-0,0002	-0,0006
5	04/03/2019	375	3,1287	2,2139	4,0393	0,6498	-0,0013	-0,0019	-0,0011	-0,0012
6	21/05/2019	453	3,1289	2,2136	4,0391	0,6493	-0,0015	-0,0015	-0,0009	-0,0007

Como se puede observar en la Figura 31, el eje X corresponde a los días desde el origen, es decir desde la primera campaña hasta la actualidad, comprendiendo aproximadamente un año, y el eje Y son las diferencias de distancias entre puntos expresados en metros. Como se puede apreciar la variación de las diferencias de distancia es moderada ($\pm 1,5$ mm). También se puede observar la existencia de valores tanto positivos como negativos; cuando la diferencia al origen tiene un valor negativo, el punto de control se está separando del de referencia, lo que va a significar que el bloque se está moviendo hacia el vacío; por el contrario si los valores son positivos implican un acercamiento.

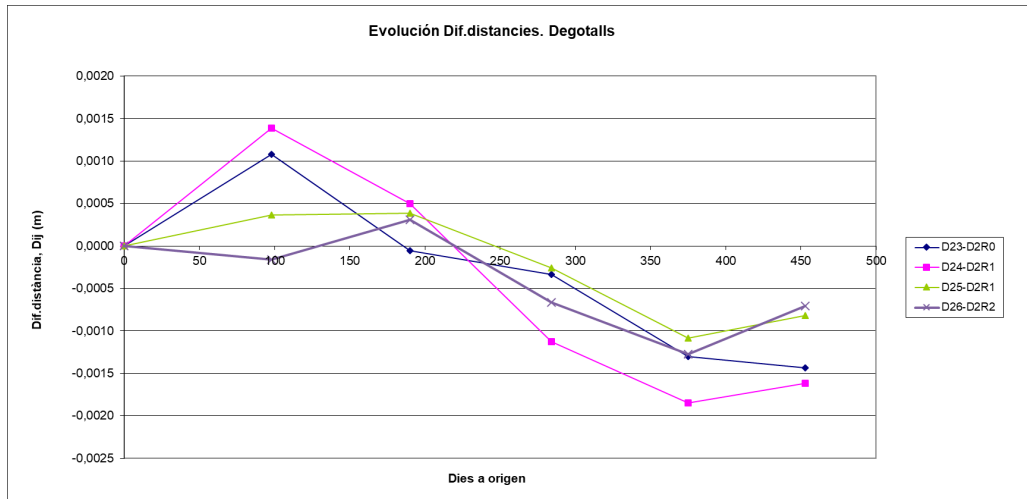


Figura 31. Degotalls: evolución de la diferencia de distancias (incluye corrección atmosférica).

Como se puede apreciar al mirar el conjunto de la gráfica, hay una evolución estacional/anual. Pero, debido a las pocas campañas realizadas, no se puede establecer con claridad qué sucede, hay que ver qué ocurre más adelante. Lo que sí podemos ver con claridad es lo explicado anteriormente: el despegue del bloque es de unos 3 milímetros, no es alarmante. La posible explicación es que, al encontrarse asegurado con malla de cable de acero, puede suponerse una dilatación o contracción de la malla metálica.

5.2 Cadireta d'Agulles

Los resultados numéricos que se han obtenido, son las variaciones de las distancias entre los puntos de control con los de referencia basándose en los puntos más próximos, como se puede observar en las Figura 22 y Figura 32, las relaciones serán entre el CP3-RP1, CP4-RP0* y CP5-RP2.

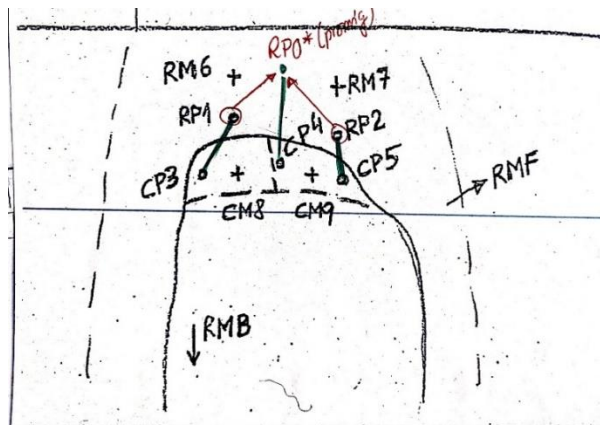


Figura 32. Esquema de los puntos en Cadireta.

Donde la letra C se refiere a Cadireta, CP son los primas de control, CM los miniprismas de control, RP prismas de referencia y RM miniprismas de referencia. RMB es el miniprisma de referencia “en la base” (que es el que se perdió) y RMF miniprisma de referencia cerca de la “Roca Foradada”.

Para el cálculo, se ha introducido un prisma de referencia virtual, RP0*, que resulta de la interpolación numérica de los dos prismas de referencia principales RP1 y RP2 para tener más precisión buscando una linealidad con los prismas de control.

De todos los datos de los distintos puntos, se presenta a continuación la Tabla 7, relaciones entre prismas, es decir, la diferencia de distancias. Como en Degotalls, en el anejo B se presentan los valores completos (tanto angulares como de distancias).

Tabla 7. Cadireta: Incremento de distancias geométricas entre prismas (incluye la corrección atmosférica).

RESULTADO NETO DE CADA CAMPAÑA						DIFERENCIAS AL ORIGEN		
Nº CAMPAÑA	DIA	DIAS AL ORIGEN	RP1-CP3	RP0*-CP4	RP2-CP5	RP1-CP3	RP0*-CP4	RP2-CP5
1	31/12/2014	0	18,9570	15,3469	12,3971	0,0003	0,0003	0,0002
2	22/01/2015	22	18,9568	15,3473	12,3966	0,0006	-0,0001	0,0007
3	11/02/2015	42	18,9573	15,3472	12,3974	0,0001	-0,0001	-0,0001
4	20/05/2015	140	18,9517	15,3412	12,3905	0,0057	0,0059	0,0068
5	19/08/2015	231	18,9505	15,3398	12,3895	0,0068	0,0074	0,0078
6	19/11/2015	323	18,9538	15,3430	12,3928	0,0036	0,0041	0,0045
7	29/02/2016	425	18,9550	15,3447	12,3947	0,0024	0,0025	0,0025
8	31/05/2016	517	18,9510	15,3404	12,3907	0,0064	0,0068	0,0065
9	31/08/2016	609	18,9505	15,3396	12,3892	0,0069	0,0076	0,0080
10	24/11/2016	694	18,9544	15,3438	12,3938	0,0030	0,0033	0,0035
11	20/02/2017	782	18,9559	15,3450	12,3947	0,0015	0,0021	0,0025
12	25/05/2017	876	18,9509	15,3402	12,3903	0,0065	0,0069	0,0069
13	24/08/2017	967	18,9496	15,3388	12,3878	0,0077	0,0084	0,0094
14	30/11/2017	1065	18,9560	15,3453	12,3956	0,0013	0,0018	0,0017
15	23/02/2018	1150	18,9565	15,3464	12,3964	0,0009	0,0007	0,0009
16	31/05/2018	1247	18,9514	15,3404	12,3899	0,0060	0,0068	0,0073
17	31/08/2018	1339	18,9505	15,3398	12,3893	0,0069	0,0073	0,0079
18	03/12/2018	1433	18,9571	15,3460	12,3958	0,0003	0,0011	0,0015
19	04/03/2019	1524	18,9550	15,3454	12,3947	0,0023	0,0018	0,0026
20	21/05/2019	1524	18,9550	15,3454	12,3947	0,0023	0,0018	0,0026

Se puede observar en los resultandos, que se ha dado un movimiento en la cabeza de la Cadireta de 8 mm, oscilante de manera periódica y anual, lo que puede interpretarse como dilatación-contracción de la Cadireta por cambios de temperatura y cambios atmosféricos. Estos valores oscilantes se observan con mayor claridad en la Figura 33.

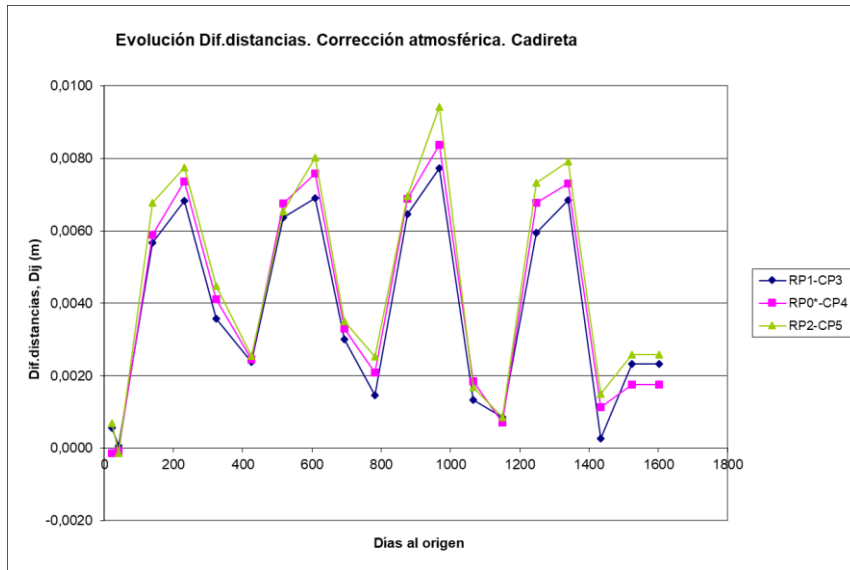


Figura 33. Cadireta: evolución de la diferencia de distancias (incluye corrección atmosférica).

En el gráfico, se puede observar la evolución de las diferencias de distancias con respecto al tiempo en días desde el origen, a lo largo de 4 años aproximadamente, pudiendo apreciarse en el tiempo un movimiento cíclico muy claro según las épocas del año. Correspondiendo los picos hacia arriba a la apertura de la separación posterior (avance de la aguja), y se registran en las épocas de clima más cálido en la zona (campañas de mayo y agosto). Mientras que los valles inferiores corresponden retroceso de la aguja en épocas más frías y de mayor precipitación. El rango total de la oscilación puede llegar a unos 8 mm; no es un movimiento peligroso ya que es cíclico y recuperable, de momento. Dicho de otro modo, parece un ciclo “elástico” no parece observarse una tendencia hiperanual, que sería indicador de daño acumulado en el macizo.

5.3 Oliver

Los resultados obtenidos en Oliver van a dar una idea de cómo de precisos son los métodos de estudio, mediante la Estación Total TM30 sin prisma, la Multiestación MS60 y el TLS RTC360, todas ellas de la casa Leica. Al tener un número bajo de campañas y un espacio de tiempo corto resulta difícil obtener desplazamientos significativos entre los elementos.

5.3.1 Estación Total

En esta zona de estudio, se han tomado 9 puntos de control y 9 de referencia, nombrándolos como C a los de control seguido del número de referencia y con R a los puntos de referencia, como se puede observar en la Figura 25.

Para el cálculo se ha introducido un prisma de referencia virtual, R0*, que resulta de la interpolación numérica de los dos prismas de referencia principales R8 y R4 para tener más precisión buscando una linealidad con los prismas de control.

De todos los datos de los distintos puntos se presenta a continuación, en las Tabla 8 y Tabla 9, las relaciones entre prismas, es decir, la diferencia de distancias. En el anejo C, se presentan los valores tanto angulares como de distancias de cada punto.

Tabla 8. Incremento de distancias geométricas entre prismas con corrección atmosférica.

RESULTADO DE CADA CAMPAÑA CON CORRECCION ATMOSFERICA								DIFERENCIAS AL ORIGEN				
Nº de Campaña	Día	Días al Origen	C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8	C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8
1	03/12/2018	0	1,6561	2,2320	1,8016	1,6575	1,5299	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	04/03/2019	91	1,6560	2,2316	1,8005	1,6580	1,5300	0,0001	0,0005	0,0011	-0,0005	-0,0002
3	21/05/2019	169	1,6581	2,2309	1,8010	1,6575	1,5284	-0,0020	0,0011	0,0006	0,0000	0,0015

Tabla 9. Incremento de distancias geométricas entre prismas con corrección atmosférica.

RESULTADO DE CADA CAMPAÑA CON CORRECCION ATMOSFERICA								DIFERENCIAS AL ORIGEN			
Nº de Campaña	Día	Días al Origen	C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5		C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5
1	03/12/2018	0	0,5513	-0,2324	1,6765	-1,2882		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	04/03/2019	91	0,5527	-0,2310	1,6780	-1,2900		-0,0014	-0,0014	-0,0016	0,0018
3	21/05/2019	169	0,5515	-0,2306	1,6787	-1,2864		-0,0002	-0,0018	-0,0022	-0,0019

Debido a que solo se han realizado tres campañas no se observa ningún movimiento significativo. Al no tener prismas los valores nos servirán para poder ver si se trata de un movimiento de *toppling*, o un movimiento similar. Si se produjera este tipo de movimiento las distancias en los puntos superiores se reducirían, dando valores negativos, mientras que en la zona inferior deberían mantenerse, dando valores positivos.

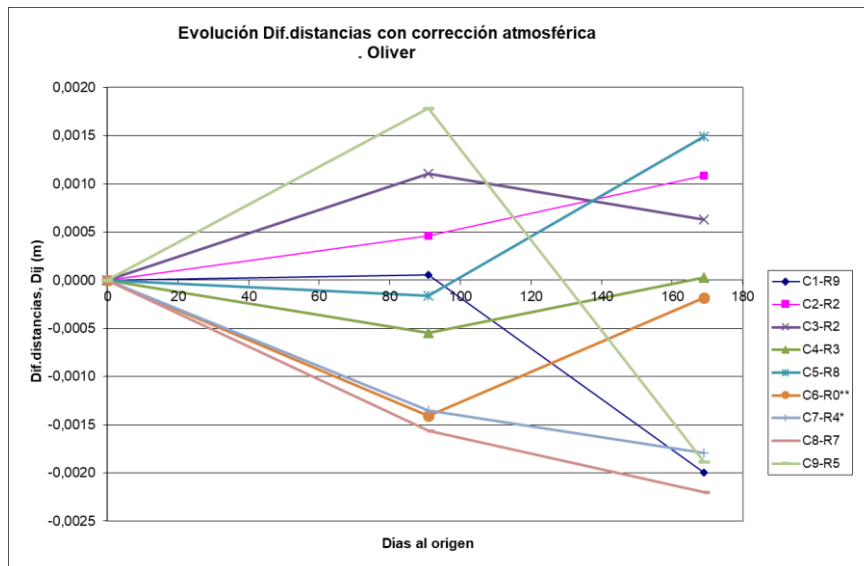


Figura 34. Oliver, evolución de la diferencia de distancias (incluye corrección atmosférica).

En la Figura 34 se presenta la gráfica de la evolución de las diferencias de distancias. El eje X, corresponde a los días con respecto al primer día de campaña y el eje Y a la diferencia de distancias entre puntos. Se observa una dispersión de comportamientos, con puntos que suben y bajan (se alejan y se acercan a la estación) sin orden ni pauta. La hipótesis, es que estamos a la vista de disparidades aleatorias producidas por el propio límite de la técnica “E.T. sin prisma”. Primeramente, se debe señalar que desde la primera campaña (3 diciembre 2018) a la tercera (21 mayo 2019) apenas ha llovido ni nevado en Montserrat, pudiéndose asumir movimiento de la laja nulo. Las diferencias que aparecen en la Figura 34 son los errores accidentales, irreducibles, de la técnica. Lo que interesa es la dispersión de valores entre campañas.

Estas disparidades en la gráfica se suelen ajustar en una primera aproximación, es decir, una distribución normal, pero todos se agrupan en torno a la media, siendo próxima a cero. Esas discrepancias o diferencias son menos frecuentes cuanto más se separa de la media. El rango de disparidades observado es de [+1,6 mm a -1.75 mm] el 4 de marzo y de [+1.5 mm a -2.2 mm] el 21 de mayo. Con estos datos, se puede concluir que la técnica de monitorización mediante la Estación Total sin prisma da una precisión del orden de los 2 mm.

Futuras campañas podrán poner en evidencia si la laja empieza a volcar, pero siempre deberemos tener en cuenta que para que los movimientos sean significativos deberán superar esos 2 mm.

5.3.2 TLS y Multiestación

A continuación, se van a caracterizar los métodos de captura masiva de puntos mediante TLS y Multiestación mediante el análisis de las respectivas nubes de puntos, para acotar su precisión y resolución.

Lo que se puede saber de antemano, es que, al realizar las campañas de ambos métodos (Multiestación y TLS) en el mismo día, las diferencias reales que pudieran existir entre ambas nubes de puntos son errores aleatorios propios de cada técnica e instrumento: el objeto (laja de roca) no se ha movido realmente. Por lo tanto, la disparidad media, ha de ser cero o muy próxima a cero.

Para un análisis más detallado de estos métodos, se deberían realizar más campañas y así poder observar una evolución. Como alternativa, se ha realizado un estudio a corto plazo, realizando pruebas reiteradas para ver qué tipo de resultado se puede obtener con la captura masiva, y qué precisión se obtiene.

Para alinear nubes de puntos y para ver diferencias, se ha empleado el programa libre CloudCompare, en el cual se han comparado primero las 2 nubes de puntos tomadas con la MS60, quedándonos con la parte central de la laja. En un caso general, se debería trabajar con el objeto potencialmente inestable más una aureola alrededor del mismo que permita enmarcar los posibles movimientos.

Se ha realizado un alineamiento automático entre las dos nubes MS60, tomando como referencia la primera nube de puntos que se hizo y la segunda se alineó con respecto a la anterior (Figura 35).

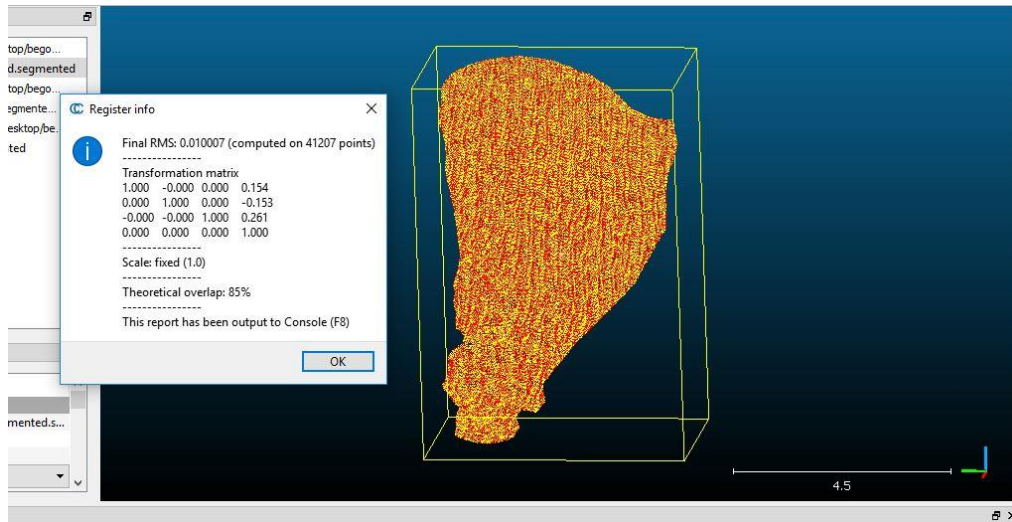


Figura 35. Oliver: Alineamiento entre nubes de puntos tomados con la Multiestación MS60. La ventana interior contiene los componentes de la matriz de transformación (3 giros más un vector traslación; el cambio de escala está fijado en la unidad) que se ha obtenido por mínimos cuadrados para alinear la segunda nube con la primera. Se aprecia que la distribución de las diferencias entre nubes es homogénea en toda la superficie de la laja (alternancia de valores positivos (rojos) y negativos (amarillos)).

Esa misma primera nube MS60 se ha usado para alinear la nube de puntos tomada con el RTC360. En este caso, se ha tenido que hacer dos alineamientos sucesivos para hacer más precisa la distancia entre puntos y que queden más solapados (Figura 36).

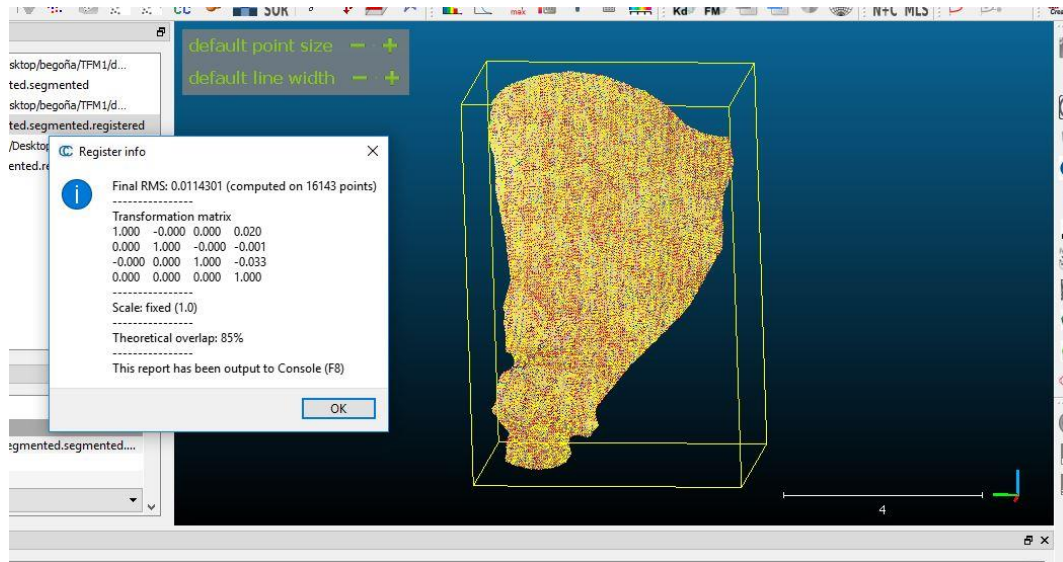


Figura 36. Oliver: Segundo alineamiento entre las nubes de puntos tomadas con la Multiestación MS60 y el TLS RTC360.

Posteriormente, para poder acotar la precisión de las dos técnicas (TLS y Multiestación), se hace la estadística de distancias entre nubes. Para ello se ha empleado el algoritmo M3C2 de CC. En la Figura 37, se presenta el M3C2 entre las dos nubes de MS60, mientras que en la Figura 38, se muestra el M3C2 de la nube MS60 y la nube RTC360.

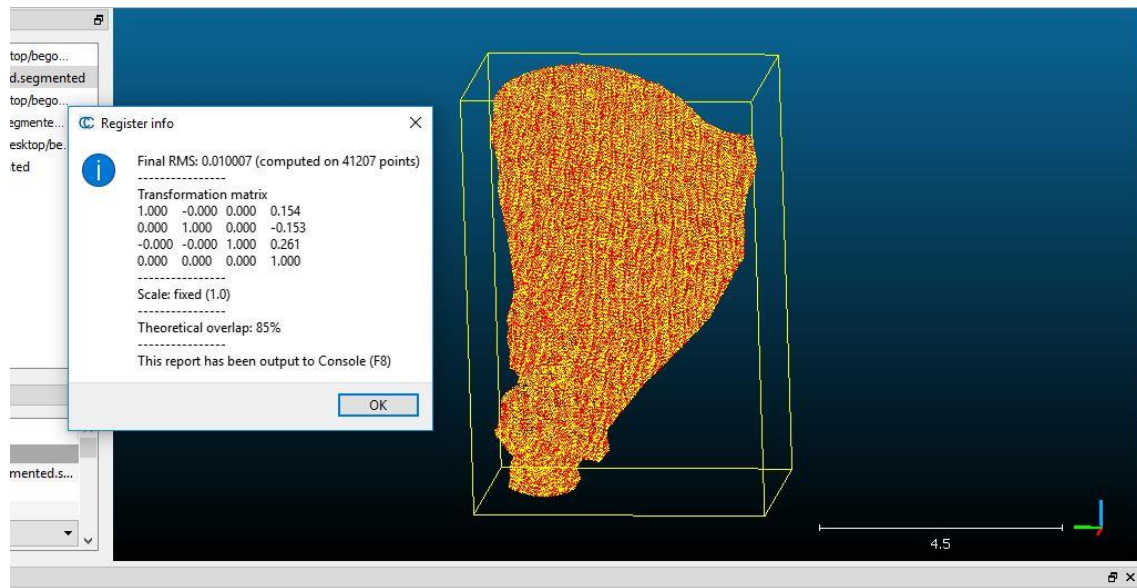


Figura 37. Representación de las distancias entre nubes de puntos M3C2 entre las dos nubes de puntos MS60.

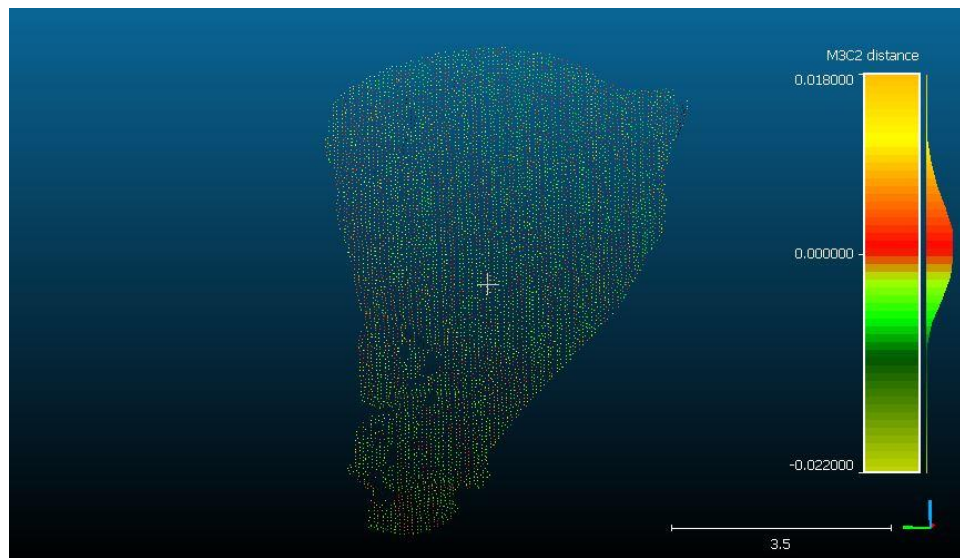


Figura 38. Oliver: Representación de las distancias entre nubes de puntos M3C2 entre la nube de puntos MS60 y la RTC360.

Como se puede observar en la Figura 37, las distancias se encuentran en torno a valores comprendidos entre $[+0,005$ y $-0,003\text{m}]$, estando la distribución centrada en el 0. Para la Figura 38, las distancias se encuentran en torno a valores comprendidos entre $[+0,012$ y $-0,009\text{m}]$, estando la distribución también centrada en el 0. Para este último caso se ha elaborado la clasificación de las distancias M3C2 en forma de histogramas en la Figura 39.

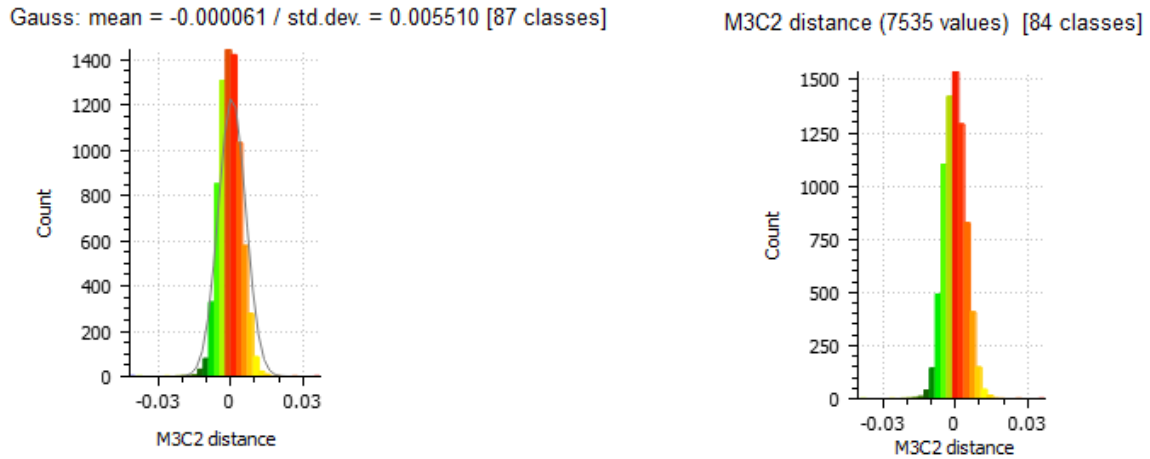


Figura 39. Oliver, gráficos obtenidos con CloudCompare para caracterizar la diferencia entre nubes MS60 y RTC360 con la distancia M3C2. El de la izquierda ajusta una campana de Gauss y el de la derecha contiene solamente el histograma.

Como se puede observar, para los valores del histograma de M3C2 (diferencias entre nubes de puntos), se va a tener en cuenta los valores estadísticos de la desviación típica (σ). Como es sabido, si una variable se ajusta realmente a la campana de Gauss, dentro del intervalo de $[-\sigma \text{ a } +\sigma]$, se encontraría el 68% de los valores. Dicho de otra manera, se puede encontrar aproximadamente un 16% de los valores tanto a la derecha, como a la izquierda del intervalo de $[-\sigma \text{ a } +\sigma]$. En el caso de la figura 42 (nube MS60- nube RTC360), σ resulta igual a 5,5 mm. Para la diferencia de nubes MS60-MS60, la σ resulta igual a 3 mm.

Otra posible causa de que existan disparidades puede deberse a la precisión del alineamiento de nubes de puntos. De todas formas, nuestras comparaciones M3C2 quedan centradas en el cero, y las imágenes de la distribución espacial de las distancias M3C2 se ven muy equilibradas (distribución de colores es homogénea a lo largo y ancho de la laja en las Figura 37 y Figura 38).

Como conclusión de la comparación entre los escaneados con los equipos de captura masiva en la situación de Oliver (escaneado sobre laja a unos 95 m), podemos estimar en una primera aproximación que la precisión del equipo MS60 es del orden de 3 mm, mientras que la precisión del RTC360 sería del orden de 5,5 mm.

6 Conclusiones

En la presente tesina, se ha realizado un estudio aplicado para establecer cuáles son las ventajas, inconvenientes y el ámbito de aplicabilidad de diversas técnicas de monitorización a distancia, basadas en medición electrónica de distancias por infrarrojos, tanto punto a punto (Estación Total) como masivas (TLS y Multiestación). Todo ello aplicado al seguimiento y control de bloques rocosos potencialmente inestables (desprendimiento por caída o vuelco) en Montserrat.

Entre las aportaciones de la autora en este estudio, merece destacar las siguientes por su especial relevancia: programación de la Estación Total para su control por ordenador; toma de datos en campo en todas las campañas a lo largo del curso; implementación del dispositivo de control y pruebas en el nuevo emplazamiento de “Oliver”; nuevo procesado, homogéneo, de todas las campañas de campo disponibles desde 2014, incluyendo por primera vez la corrección debido a temperatura, humedad y presión del aire.

Conclusiones sobre los instrumentos/procedimientos estudiados

En el seno del TFM se han probado las siguientes técnicas:

- Instrumento: Estación Total TM30, la cual trabaja punto a punto, con o sin prisma. Es posible automatizar su operación, paso previo a su trabajo autónomo y continuo. El procedimiento usado en Montserrat se puede denominar “Distanciometría diferencial”. Permite buenas precisiones incluso a grandes distancias.
- Instrumento: Multiestación MS60. Son equipos que han aparecido posteriormente a los TLS, son una especie de “híbridos” entre estos y la Estación Total. Tiene cámara coaxial que facilita la observación (puntería) y la toma de imágenes. Procedimiento: comparación de nubes de puntos tras su “alineación”.
- Instrumento: Laser Escáner Terrestre (TLS) RTC360, es la técnica idónea para capturas masivas de puntos del entorno. Alta productividad, y vista 360°. En muchos aspectos es similar a la Multiestación. Procedimiento: comparación de nubes de puntos tras su “alineación”.

La precisión de las tres aproximaciones, junto con sus ventajas e inconvenientes, se han condensado en la tabla resumen que se incluye a continuación. Se ha de tener en cuenta que todos los puntos que en ella aparecen son válidos en principio sólo para las

circunstancias de los emplazamientos estudiados en este TFM (distancias, mecanismos, rango de movimientos, etc). En la tabla, se comenta la continuidad/no continuidad de las diversas técnicas en el espacio y en el tiempo. Por otro lado, equipos distintos de los empleados en el presente estudio podrían hacer variar los valores numéricos reflejados en la tabla.

Tabla Resumen de Conclusiones: algunas características y ventajas/ inconvenientes de los instrumentos y procedimientos según se han experimentado en el presente TFM

Instrumento	Técnica	con/sin prisma	precisión empírica (emplazamiento)	Ventajas (✓)	Inconvenientes (X)
Est. Total TM30	Distanciametría Diferencial	con	$\sigma \approx 1\text{mm}$ @315-530 m (Cadireta Degotalls)	Técnica clásica, bien establecida Punto de medida nítido e identificable Automatizable "fácilmente" (\rightarrow puede continua en tpo) Buena para monitorizar bloques concretos/singulares Gran alcance (1 Km ó más)	Bajo nº puntos a controlar Instalación prismas: caro, lento, peligroso Prismas sujetos a ser baja (naturaleza/vándalos) Con Distan.Difer, el resultado es movimiento "1D" Sensible a mov."LOS", mal para mov. \perp "LOS" \Leftrightarrow conveniente alineación entre Prisma_Ref, Prisma_Control, Estación & mov.esperado
	Distanciametría Diferencial	sin	$\sigma \approx 2\text{mm}$ @100m (Oliver)	No hace falta instalar prismas! Técnica semi-clásica, mejorando alcance Automatizable (\rightarrow puede ser continua en el tiempo) Buena para bloques singulares cercanos a estación	No se asegura punto de medida Alcance medio/bajo (250m?) Bajo nº puntos a controlar Prec \downarrow si Rugosidad & Oblicuidad \uparrow Sensible a mov."LOS", mal para mov. \perp "LOS" \Leftrightarrow alineación Estación & mov.esperado
Multitestación MS60	Diferencia nubes de ptos.	sin	$\sigma \approx 3\text{mm}$ @100m (Oliver)	No hace falta instalar prismas! Cubre el objeto de manera continua en el espacio Automatizable... Tiene cámara coaxial (afinar puntería y/ tomar foto) 360° y bastante productiva	Coste (\$) La precisión disminuye con la distancia ... pero de momento no visto (modo escaner) Sensible a mov."LOS", mal para mov. \perp "LOS" \Leftrightarrow alineación Estación & mov.esperado
TLS RTC360	Diferencia nubes de ptos.	sin	$\sigma \approx 5,5\text{mm}$ @100m (Oliver)	No hace falta instalar prismas! Cubre el objeto de manera continua en el espacio Automatizable... Tiene sensor color (adquiere RGB) 360° y muy productiva	Coste (\$) La precisión disminuye con la distancia ... pero de momento no es habitual Sensible a mov."LOS", mal para mov. \perp "LOS" \Leftrightarrow alineación Estación & mov.esperado

Conclusiones particulares sobre los tres emplazamientos estudiados

En Cadireta se observa un movimiento cíclico para las distintas estaciones del año. El rango total de la oscilación es de unos 8 mm; no es un movimiento peligroso ya que es cíclico y recuperable, de momento. Dicho de otro modo, parece un ciclo "elástico", no parece observarse una tendencia hiperanual, que sería indicador de daño acumulado en el macizo

En Degotalls, se han realizado seis campañas sobre el bloque 2, con una oscilación pequeña, de unos 3 mm. Los cambios en las distancias entre prismas se deben presumiblemente a procesos de dilatación o contracción de la malla metálica de cable de acero por cambios de temperatura, movimiento acoplado al de la propia roca del “bloque 2”.

En Oliver, los datos obtenidos mediante la Estación Total sin prisma, muestran que con ese dispositivo se podrá detectar en la laja cualquier movimiento de tipo *toppling* que tenga lugar en el futuro, con una precisión de unos 2 mm “line-of-sight”.

En conjunto, en los tres emplazamientos se está monitorizando el posible movimiento de unos “bloques” concretos (desde unos pocos m³, Oliver, hasta unos 8000 m³, Cadireta). Es decir, sabemos previamente lo que potencialmente se puede mover, y tenemos una idea del mecanismo de falla, y la dirección plausible. Con unos pocos puntos de control y otros tantos de referencia, medidos con Estación Total (con o sin prisma) se puede monitorizar satisfactoriamente el objeto en estudio. Situación completamente distinta sería tener que controlar zonas muy extensas, arbitrariamente fracturadas, en las que no se tuviera información “a priori” de qué bloques se van a mover ni cómo. En este segundo supuesto, los métodos “masivos” de escaneado (TLS o Multiestaciones) serían los indicados. Su alta productividad permite cubrir grandes áreas de manera casi continua espacialmente (resoluciones elevadas, los puntos de las nubes de puntos están separados unos pocos cm).

Líneas de investigación futuras

El estudio sobre monitorización bloques rocosos en Montserrat debe continuar, con nuevas campañas de campo, incorporando nuevos emplazamientos, y, en la medida de lo posible, experimentando con las nuevas técnicas que van apareciendo en el panorama geomático; por ejemplo, el TLS continuo y los sistemas de alerta temprana (EWS) basados en Radar por efecto Doppler.

Por otro lado, en algún emplazamiento se podrían comparar técnicas geomáticas (como las usadas en este TFM) con técnicas puntuales como fisurímetros o clinómetros, tal vez para algún mecanismo de tipo M2 (placa de roca relativamente superficial, sujeta a la meteorización física y a los cambios de temperatura cercanos a la superficie del macizo).

REFERENCIAS

Anónimo (Ed.). (2011). Journal of Civil Structural Health Monitoring. Springer.

Janeras, M. (2017) ¿QUÉ NOS ENSEÑA LA PARED DE DEGOTALLS EN MONTSERRAT SOBRE LOS DESPRENDIMIENTOS DE ROCA? Presentado en IX Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Editores: Eduardo Alonso, Jordi Corominas, Marcel Hürlimann. , Santander, 2017, pp. 917-929.

Arosio, D., Longoni, L., Papini, M., Scaioni, M., Zanzi, L., & Alba, M. (2009). Towards rockfall forecasting through observing deformations and listening to microseismic emissions. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(4), 1119-1131.

Blanch, X., Guinau, M., & Royan, M. J. (2017). Caracterización geomorfológica y estructural de zonas de salida de bloques en una pared rocosa afectada por desprendimientos. In IX Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Santander. Morphometric analysis.

Cabranes Medina, F. J. (2015). Estudio geomecánico de la estabilidad de la Cadireta d'Agulles (Montserrat). Trabajo Final de Grado (Bachelor's thesis), Universitat Politècnica de Catalunya, 158 pag. Disponible en <http://hdl.handle.net/2099.1/25652>.

ClimChAlp Interreg, I. I. I. B. (2008). Alpine Space WP6: Slope Monitoring Methods—A State of the Art Report.pdf

Copons, R., & Vilaplana, J. M. (2008). Rockfall susceptibility zoning at a large scale: From geomorphological inventory to preliminary land use planning. *Engineering geology*, 102(3-4), 142-151.

Fontquerni, S., Fernández, J. M. V., Guinau, M., & Royan, M. J. (2013). El factor exposición en el análisis del riesgo geológico: aplicación a los desprendimientos de roca en la montaña de Montserrat. *Seguridad y medio ambiente*, (131), 8-25.

Girardeau-Montaut, D. (2017). CloudCompare version 2.6. 1 user manual.

Hencher, S. R., Lee, S. G., Carter, T. G., & Richards, L. R. (2011). Sheeting joints: characterisation, shear strength and engineering. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 44(1), 1-22.

ICGC (2019): Cartografía-geologica/Mapa-geologic-comarcal-1-50.000, Disponible en <http://www1.igc.cat/bd/mapes/igc_MGCom50M_06_v1g.pdf>. [Consulta: 6 de junio 2019]

ICGC (2019b): Cartografía-topográfica/Mapa-topografic-1-50.000, Disponible en <<http://www.icc.cat/appdownloads/?c=fmetopo50m>>. [Consulta: 7 de junio 2019]

IGME (2019) Mapa Geológico Nacional, Magna 50, Hoja 392, Sabadell. Disponible en: http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/pdfs/d3_G50/Magna50_392.pdf.

[Consulta: 6 de mayo 2019].

Janeras, M., Jara, J. A., Royan, M. J., Vilaplana, J. M., Aguasca, A., Fàbregas, X.,... & Buxó, P. (2017). Multi-technique approach to rockfall monitoring in the Montserrat massif (Catalonia, NE Spain). *Engineering geology*, 219, 4-20.

Janeras, M., Palau, J., Prat, E., & Ripoll, J. (2011, May). Montserrat: on a long way to rock fall risk mitigation. First experiences, some lessons and future perspectives. In *Proceedings of 3th interdisciplinary rockfall workshop RocExs2011, Innsbruck-Igls* (pp. 16-19).

Janeras, M., Palau, J., Prat, E., Pons, J., Rodríguez, H., Martínez, P.,... & Hurlimann, M. (2013, June). Valoración de 10 años de mitigación del riesgo de caída de rocas en el Cremallera de Montserrat. In *VIII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables*. E Alonso, J Corominas and M Hürlimann.

Janeras, M., Pons, J., Oller, P., Costa, O., Margreth, S., Muntán, E., & Martínez, P. (2011). Zonificació del terreny en base a la perillositat d'allaus als Pirineus de Catalunya. Contrast de metodologies en una zona pilot al Naut Aran (Val d'Aran). *Actes de les 4es Jornades Tècniques de Neu i Allaus*, 65-69.

Lato, M. (2012) Remote monitoring of deformation using Terrestrial Laser Scanning (TLS or Terrestrial LiDAR). *GEOTECHNICAL INSTRUMENTATION NEWS (GIN)*, Geotechnical News • March 2012, p.27-27. Disponible en <http://www.geotechnicalnews.com/pdf/GeoTechNews/2012/GIN%203001.pdf>

Leica Geosystems. Special-Reflectors. En: *Products* [en línea]: Accessories Surveying & Engineering. Switzerland: Hexagon, 2015 [Consulta: 15 Noviembre 2018]. Disponible en: <https://leica-geosystems.com/products> >

Lienhart, W. (2017). Geotechnical monitoring using total stations and laser scanners: critical aspects and solutions. *Journal of civil structural health monitoring*, 7(3), 315-324.

Meléndez Hevia, I. (2004). *Geología de España: una historia de seiscientos millones de años*. Rueda.

Martínez-Rius, A. (2006). Aproximación a la geología de Montserrat. En revista *Muntanya* [en línea]. Barcelona: Centre Excursionista de Catalunya, 2006, núm. 864, pp 32-37 [Consulta: 15 Noviembre 2014]. Disponible en: [http://www.albertmartinez.com/Muntanya%20864%20%20\(Geologia\)'.pdf](http://www.albertmartinez.com/Muntanya%20864%20%20(Geologia)'.pdf) >

Nyren, R., Drefus R., Johnson, S. (2012) Remote monitoring of deformation using Robotic Total Stations (RTS). GEOTECHNICAL INSTRUMENTATION NEWS (GIN), Geotechnical News • March 2012, p.29-29. Disponible en <http://www.geotechnicalnews.com/pdf/GeoTechNews/2012/GIN%203001.pdf>

Royan, M. J., & Vilaplana, J. M. (2012). Distribución espacio-temporal de los desprendimientos de rocas en la montaña de Montserrat. *Cuaternario y Geomorfología*, 2012, vol. 26, num. 1-2, p.

Santamaría, J., & Sanz, T. (2005). Manual de prácticas de topografía y cartografía. *Universidad de la Rioja*.

Volkwein, A., Schellenberg, K., Labiouse, V., Agliardi, F., Berger, F., Bourrier, F., ... & Jaboyedoff, M. (2011). Rockfall characterisation and structural protection-a review. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, p-2617-2651.

ANEJOS

ANEJO A

DESCRIPCION DEL PROGRAMA VB TOMA DE DATOS ASISTIDA

El objetivo de este apartado es describir el programa desarrollado por la autora para controlar una estación total TM30 de la casa Leica, mostrando los comandos básicos y su funcionamiento. Este programa es una aportación nueva del presente TFM.

Como base de programación se ha empleado el lenguaje Visual Basic 6.0 (VB), trabajando en entorno Windows y con la librería de funciones GeoCom de la casa Leica. El listado completo del programa se encuentra al final de este anejo.

A continuación, se describe sucintamente cómo se debe usar el programa desde el punto de vista de usuario. Tras la ejecución, lo primero que se debe hacer es establecer la comunicación entre el ordenador y la estación total. Para ello se han creado tres botones en una ventana de VB (figura 40): el de “Go Online” que nos permite realizar la conexión, el de “Go Offline” que desconecta, y el de “End” que cierra el programa.

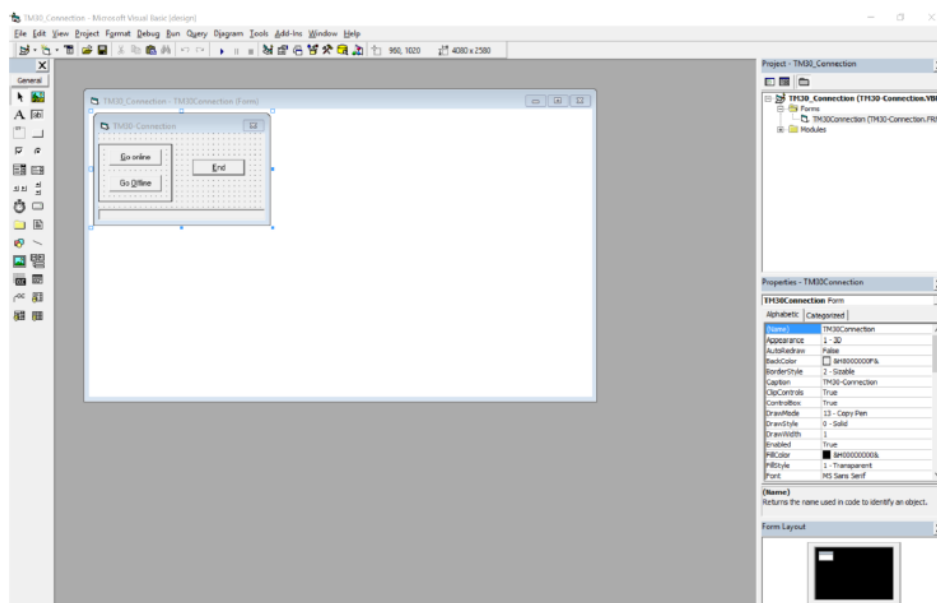


Figura 40. Imagen del programa VB con la tabla con los botones para conectar el ordenador con la estación total.

Establecida la conexión PC-Estación total, funciones internas del programa permiten mover la Estación total hasta que la visual ocupe una determinada lectura horizontal

(Valor de entrada Hz, en grados centesimales, “g”) y lectura vertical (Valor de entrada V, en grados centesimales, “g”) (ver figura 41).

Con la función/botón “Prisma” se lleva a cabo la búsqueda del prisma (mediante la técnica ATR, Automatic Target Recognition), y se obtienen los valores de salida (lecturas angulares Hz y V más la distancia a la que se encuentra el prisma), como se puede observar en la tabla de comandos de la figura 41.

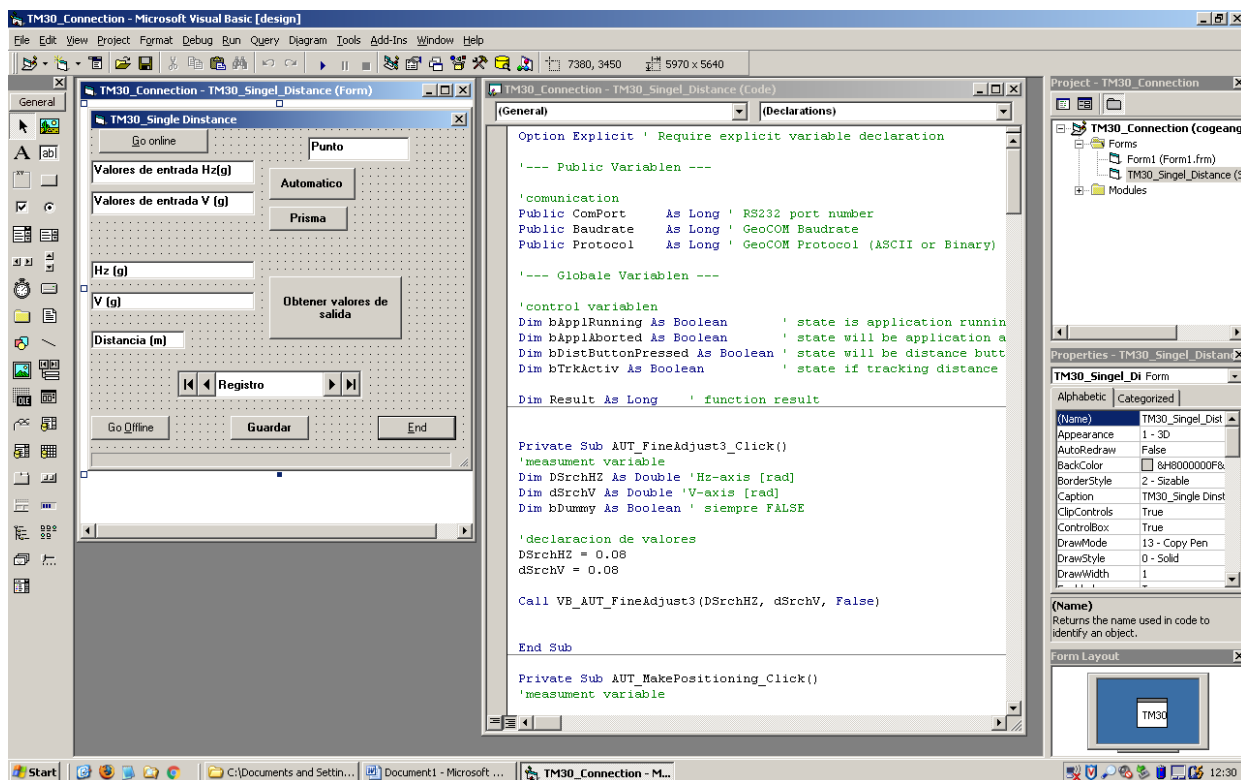


Figura 41. Imagen en la que se muestra a la derecha la tabla de los comandos y a su izquierda el lenguaje empleado para la programación.

El programa se puede ejecutar de dos maneras distintas: desde dentro del entorno VB (con control completo de los pasos del proceso, Fig.41); o bien mediante un ejecutable preparado por el VB (en cuyo caso se accede única y directamente a los comandos de ejecución). En este segundo caso (figura 42) el primer botón es el de conexión a la estación total (Go online); a su derecha aparece el nombre del punto que se desea tomar (CP3 en el ejemplo, se puede cambiar el punto con la barra de registro, línea inferior); en los dos cuadros debajo del botón “Go online” aparecen los valores de los ángulos registrados en la campaña anterior (para CP3 en el ejemplo), los cuales se usan como valor de partida para acercarnos al prisma (al pulsar el botón “Automático”). Para la búsqueda final del prisma en su situación actual (ATR), se pulsa el botón “Prisma”. Por último, para obtener los ángulos y distancias actuales, se debe pulsar “Obtener valores

de salida”; los dos ángulos y la distancia (m) se registraran en los cuadros de la izquierda.

Figura 42. Tabla de trabajo cuando se trabaja con la versión ejecutable del programa. Ver el texto para la explicación del significado de cada botón o ventana.

A la hora de guardar los datos generados hay dos opciones:

- Mediante Access de Windows, esta forma de guardado es automática y se va registrando a medida que tomas los datos (figuras 43 y 44).
- O mediante el botón “Guardar”, entonces se genera un bloc de notas (txt) conteniendo todos los valores que estén en la pantalla.

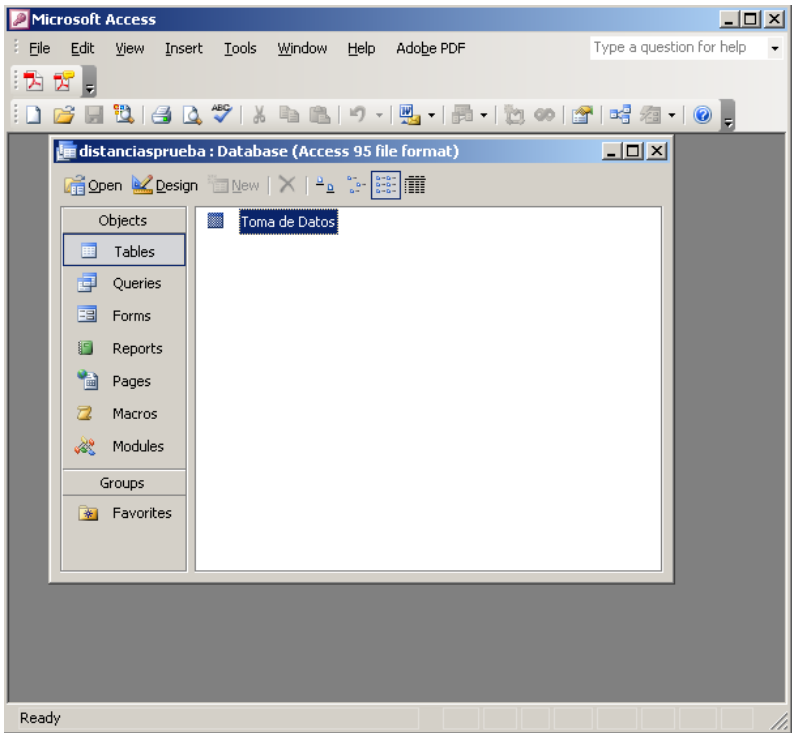


Figura 43. Pantalla de MS Access de Windows donde se guardan los datos de campo.

The screenshot shows the Microsoft Access application window with the 'Toma de Datos' table open in Datasheet View. The table contains 14 records. The columns are: 'Hz', 'V', 'Distancia', 'Hz final', 'V final', and 'Punto V'. The data is as follows:

Hz	V	Distancia	Hz final	V final	Punto V
331944	681577	517,4549	331,94914582	68,159250156	CP3
332439	682046	519,7027	332,44367206	68,206041709	CP4
3327839	682242	521,2912	332,78878364	68,22539495	CP5
3326122	682512	520,2725	332,61695996	68,252833262	CM9
3322246	681524	517,0615	332,23021345	68,15390255	CM8
3321109	678683	536,4102	332,11708612	67,86926985	RP1
3322528	67645	538,0624	332,25867035	67,645561662	RM6
3326609	680632	533,6856	332,66706194	68,063948176	RP2
3328864	677765	535,3368	332,89121576	67,774222518	RM7
3375112	725192	629,8483	337,51651304	72,519904602	RMF
66,6979	108,1412	2,3402	66,626397071	108,02024219	Radiador
27,2031	96,3023	1,8178	27,066780835	95,935098091	Pizarra
383,5	95,7	1,7342	383,33836698	95,543258622	Prueba
13,5	110	1,9004	13,420645056	109,89527840	Prueba2

The status bar at the bottom indicates 'Record: 1 of 14' and 'Datasheet View'.

Figura 44. Pantalla de la tabla de MS Access de Windows con los datos anteriores (Hz y V) y los que se han obtenido actualmente (Distancia, Hz final y V final) para cada punto (última columna).

LISTADO DEL PROGRAMA

```
Option Explicit ' Require explicit variable declaration

'--- Public Variablen ---

'comunication

Public ComPort As Long ' RS232 port number

Public Baudrate As Long ' GeoCOM Baudrate

Public Protocol As Long ' GeoCOM Protocol (ASCII or Binary)

'--- Globale Variablen ---

'control variablen

Dim bApplRunning As Boolean ' state is application running or not

Dim bApplAborted As Boolean ' state will be application aborted or not

Dim bDistButtonPressed As Boolean ' state will be distance button pressed or not

Dim bTrkActiv As Boolean ' state if tracking distance measurement active or not


Dim Result As Long ' function result


Private Sub AUT_FineAdjust3_Click()

'measument variable

Dim DSrchHZ As Double 'Hz-axis [rad]

Dim dSrchV As Double 'V-axis [rad]

Dim bDummy As Boolean ' siempre FALSE


'declaracion de valores

DSrchHZ = 0.08

dSrchV = 0.08


Call VB_AUT_FineAdjust3(DSrchHZ, dSrchV, False)

End Sub
```



```
Private Sub AUT_MakePositioning_Click()

    'measument variable

    Dim dHz As Double 'Hz angle data [rad]

    Dim dV As Double 'V angle data [rad]

    Dim POSMode As Long 'AUT_PRECISE

    Dim ATRMode As Long 'AUT_Target

    Dim bDummy As Boolean

    'declaracion de una constante

    Const pi As Double = 3.14159266

    'entrada de datos

    dHz = Val(Text1.Text) * pi / 200

    dV = Val(Text2.Text) * pi / 200

    Call VB_AUT_MakePositioning4(dHz, dV, POSMode, ATRMode, False)

End Sub

' Function initialize the used global variablen

Private Sub Form_Initialize()

    '--- initialize global variable ---

    bApplRunning = False      ' running flag

    bDistButtonPressed = False ' distance button flag

    bTrkActiv = False         ' tracking measurement activ or not

    ComPort = COM_1           ' default comm port

    Baudrate = COM_BAUD_19200 ' default 19200 Baud

    Protocol = COM_ASCII      ' default ASCII
```

```
        '--- hide inactive controls
        cmdOffline.Visible = False
    End Sub

' Function starts the application, it initialize GeoCom
Private Sub cmdOnline_Click()

' Only if application is not running
If Not bApplRunning Then

    ' reset abort flag
    bApplAborted = False

    '--- initialize GeoCom ---
    Result = VB_COM_Init()
    If Result = GRC_OK Then
        ' open com port, one retry
        Result = VB_COM_OpenConnection(ComPort, Baudrate, 1)
        If Result = GRC_OK Then
            ' set communication timeout
            Result = VB_COM_SetTimeOut(10) ' [s]
            ' set protocol (ASCII or binary)
            Result = VB_COM_SetComFormat(Protocol)
            If Result = GRC_OK Then
                ' hide online button
                cmdOnline.Visible = False
                ' show offline button
                cmdOffline.Visible = True
                ' set running flag
```

```
        bApplRunning = True
        ' update status line
        ctlStatus.Panels(1).Text = "Connection established"
    Else
        ' could not set protocol
        Call VB_COM_ViewError(Result, "Error: Could not set protocol")
        Call VB_COM_End 'reinitialize communication package
        ' update status line
        ctlStatus.Panels(1).Text = "No connection"
    End If
    Else
        'could not open port
        '->check com param on instrument side
        Call VB_COM_ViewError(Result, "Error: Could not open port")
        Call VB_COM_End 'reinitialize communication package
        ' update status line
        ctlStatus.Panels(1).Text = "No connection"
    End If
    Else
        'could not initialize communication package
        '->on this time should not happen (it's only for future use)
        Call VB_COM_ViewError(Result, "Error: Could not initialize communication package")
        ' update status line
        ctlStatus.Panels(1).Text = "No connection"
    End If
End If
End Sub
```

```
' Function close connection

Private Sub cmdOffline_Click()

' terminate communication with instrument

Result = VB_COM_CloseConnection()

If Result <> GRC_OK Then

' Display error message

Call VB_COM_ViewError(Result, "Error: Stop measuring")

End If

' show online button

cmdOnline.Visible = True

' reinitialize communication package

Call VB_COM_End

' hide offline button

cmdOffline.Visible = False

' update status line

ctlStatus.Panels(1).Text = "Connection closed"

End Sub
```

```
' Function close the application, this function

' will be called if you pressed the End button
```

```
Private Sub cmdEnd_Click()

'terminate communication with instr

Result = VB_COM_CloseConnection()

If Result <> GRC_OK Then

' Display error message

Call VB_COM_ViewError(Result, "cmdEnd")

End If
```

```
'reinitialize communication package
```

```
Call VB_COM_End

' Unloading form resp. control and Terminate execution

Unload Me

End

End Sub


' Function close GeoCom, so you can use

' again GeoCom

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

'reinitialize communication package

Call VB_COM_End

' Unloading form resp. control and Terminate execution

Unload Me

End Sub


Private Sub Guardar_Click()

Dim foo As Integer

foo = FreeFile

Open "C:\Documents and Settings\etcg\Desktop\Begoña Placer\TM30-
buscar_prisma\distancias.txt" For Output As #foo

Print #foo, txtDistance.Text, Text1.Text, Text2.Text

Close #foo

End Sub


' ----- MOT_SetVelocity – driving the instrument with a constant speed -----

Private Sub PlayH_Click()

' start controller; the only valid mode for SetVelocity is MOD_OCONST

Dim RefOmega As MOT_COM_PAIR
```



```
RefOmega.adValue(0) = Text_H.Text  
Call VB_MOT_SetVelocity(RefOmega)  
End Sub
```

```
Private Sub V_Move_Click()  
Dim RefOmega As MOT_COM_PAIR  
RefOmega.adValue(1) = Text_V.Text  
Call VB_MOT_SetVelocity(RefOmega)  
End Sub
```

```
' stop controller and any possible movements
```

```
Private Sub StopMove_Click()  
VB_MOT_StopController (MOT_NORMAL)  
End Sub
```

```
' ----- tracking measurement reflectorless -----
```

```
Private Sub SingleDistance_Click()
```

```
Dim bTrkActiv As Boolean ' state if tracking distance measurement active or not
```

```
'measurement variablen
```

```
Dim dHz As Double ' Hz angle data [rad]
```

```
Dim dV As Double ' V angle data [rad]
```

```
Dim dDistance As Double ' slope distance data [m]
```

```
Dim Result As Long ' function result
```

```
Call VB_BAP_SetMeasPrg(BAP_SINGLE_REF_STANDARD)
```

```
' and start tracking
```

```
Result = VB_BAP_MeasDistanceAngle(BAP_DEF_DIST, dHz, dV, dDistance)
```

```
bTrkActiv = True
```

```
' generate output string with the measured distance data
txtDistance.Text = Format(dDistance, "##0.000")

End Sub

' stop measurement

Private Sub StopTracking_Click()
    'measurement variablen

    Dim dHz As Double      ' Hz angle data [rad]
    Dim dV As Double      ' V angle data [rad]
    Dim dDistance As Double ' slope distance data [m]
    Dim Result As Long     ' function result

    Call VB_BAP_MeasDistanceAngle(BAP_STOP_TRK, dHz, dV, dDistance)

    ' reset tracking active flag
    bTrkActiv = False

    ' update distance display
    txtDistance.Text = "---"

End Sub
```

ANEJO B**DATOS DE LAS CAMPAÑAS**

En el presente anejo se recogen los datos tomados en campo de las distintas campañas hasta la fecha para la monitorización de las tres zonas.

ESTACION TOTAL AUTOMATIZADA

Día lunes	04/03/2019		
Datos VB			
	D.Geom(m)	Hz (gon)	V (gon)
RP1	536,4101	332,117213	67,8697791
RP1	536,4101	332,117213	67,8697791
RP1	536,4102	332,117086	67,8692698
RP2	533,6858	332,665852	68,0642028
RP2	533,6857	332,665852	68,0640755
RP2	533,6856	332,667062	68,0639482
RM6	538,0624	332,258734	67,645307
RM6	538,0624	332,25867	67,6455617
RM7	535,3365	332,889943	67,7744135
RM7	535,3366	332,89198	67,7753684
RM7	535,3364	332,892425	67,7756231
CP3	517,4549	331,948764	68,1592502
CP3	517,4549	331,949146	68,1592502
CP4	519,7027	332,443545	68,205978
CP4	519,7027	332,443672	68,2060417
CP5	521,2913	332,788975	68,2255859
CP5	521,2912	332,788784	68,2253949
CM8	517,0614	332,230468	68,1536479
CM8	517,0615	332,230213	68,1539025
CM9	520,2724	332,617469	68,2523876
CM9	520,2725	332,61696	68,2528333
RMF	629,8482	337,516449	72,5198409
RMF	629,8483	337,516513	72,5199046

MANUAL

Punto	Promedio Hz	Diferencia con CP3	Promedio V	Diferencia con CP3
RP1	332,1102333	-0,1666	67,8703667	0,2895
RP2	332,6593667	-0,7157	68,0644667	0,0954
RM6	332,252	-0,3084	67,6465	0,5134
RM7	332,886	-0,9424	67,7762333	0,3836
CP3	331,9436333	0,0000	68,1598667	0
CP4	332,4382667	-0,4946	68,2067667	-0,0469
CP5	332,7831667	-0,8395	68,2248	-0,0649
CM8	332,2244667	-0,2808	68,1545	0,0054
CM9	332,6116667	-0,6680	68,2525	-0,0926
RMF	337,5078	-5,5642	72,5207333	-4,3609

ORDENADOR

Punto	Promedio Hz	Diferencia con CP3	Promedio V	Diferencia con CP3
RP1	332,117171	-0,1682	67,8696094	0,2896
RP2	332,666256	-0,7173	68,0640755	0,0952
RM6	332,258702	-0,3097	67,6454343	0,5138
RM7	332,891449	-0,9425	67,775135	0,3841
CP3	331,948955	0,0000	68,1592502	0,0000
CP4	332,443608	-0,4947	68,2060099	-0,0468
CP5	332,788879	-0,8399	68,2254904	-0,0662
CM8	332,230341	-0,2814	68,1537752	0,0055
CM9	332,617215	-0,6683	68,2526104	-0,0934
RMF	337,516481	-5,5675	72,5198728	-4,3606

DEGOTALLS

Datos día 22/02/2018 E.T: 361051 Primera Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
Hz (gon)	15,7413	16,5156	17,0372	17,8357	15,6953	16,8567	18,4483
Hz (rad)	0,2473	0,2594	0,2676	0,2802	0,2465	0,2648	0,2898
V (gon)	54,5652	54,5813	54,6336	54,3024	54,1680	54,2060	54,4494
V (rad)	0,8571	0,8574	0,8582	0,8530	0,8509	0,8515	0,8553
Dh (m)	239,702	238,803	237,591	237,319	240,754	239,244	238,286
Δz (m)	207,583	206,699	205,308	207,240	211,137	209,561	207,117
D.geom(m)	317,093	315,834	314,008	315,069	320,220	318,046	315,718
			Dif Ref-Control(m)		3,1274	2,2120	4,0382
							0,6486

	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	D.Geom(m)
D23	15,7411	54,5653	239,703	207,583	317,0934091
	15,7414	54,5654	239,703	207,582	317,0927545
	15,7413	54,5649	239,701	207,585	317,0932065
D2R0	15,6966	54,1675	240,752	211,139	320,2205534
	15,6948	54,1679	240,753	211,137	320,2199865
	15,6946	54,1686	240,756	211,135	320,2209234
D24	16,5154	54,5811	238,802	206,699	315,8336141
	16,5164	54,5817	238,804	206,697	315,8338174
	16,5150	54,5810	238,802	206,700	315,8342686
D2R1	16,8570	54,2065	239,245	209,558	318,0451625
	16,8567	54,2054	239,242	209,562	318,0455414
	16,8564	54,2060	239,244	209,562	318,0470459
D25	17,0370	54,6336	237,591	205,308	314,0077358
	17,0376	54,6332	237,589	205,310	314,0075302
	17,0371	54,6340	237,592	205,307	314,0078386
D26	17,8353	54,3024	237,319	207,240	315,0693977
	17,8367	54,3032	237,321	207,237	315,0689309
	17,8351	54,3017	237,317	207,242	315,0692068
D2R2	18,4500	54,4491	238,285	207,118	315,7176067
	18,4482	54,4495	238,287	207,116	315,7178041
	18,4467	54,4495	238,287	207,116	315,7178041

Datos día 31/05/2018 E.T: 361051 Segunda Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
H _z (gon)	15,7397	15,5185	17,0394	17,8395	15,6977	16,8612	18,4515
H _z (rad)	0,2472	0,2438	0,2677	0,2802	0,2466	0,2649	0,2898
V (gon)	54,5637	54,5792	54,6313	54,3003	54,1665	54,2045	54,4472
V (rad)	0,8571	0,8573	0,8581	0,8529	0,8508	0,8514	0,8553
D _h (m)	239,693	238,792	237,579	237,307	240,744	239,234	238,274
Δ _z (m)	207,586	206,703	205,312	207,243	211,138	209,561	207,121
D _{geom} (m)	317,088	315,828	314,001	315,063	320,214	318,039	315,712
			Dif Ref-Control(m)		3,1263	2,2106	4,0378
							0,6487

	H _z (gon)	V (gon)	D _h (m)	Δ _z (m)	D _{Geom} (m)
D23	15,7397	54,5637	239,694	207,586	317,0885697
	15,7395	54,5636	239,693	207,586	317,0878138
	15,7398	54,5637	239,693	207,586	317,0878138
D2R0	15,6974	54,1668	240,745	211,137	320,2139719
	15,6979	54,1664	240,744	211,139	320,2145388
	15,6977	54,1664	240,744	211,139	320,2145388
D24	15,5183	54,5788	238,791	206,704	315,8285695
	15,5185	54,5796	238,793	206,701	315,8281182
	15,5188	54,5792	238,792	206,703	315,8286711
D2R1	16,8606	54,2044	239,234	209,562	318,0395236
	16,8611	54,2046	239,234	209,561	318,0388647
	16,8620	54,2045	239,234	209,561	318,0388647
D25	17,0395	54,6314	237,579	205,312	314,0012716
	17,0391	54,6314	237,579	205,312	314,0012716
	17,0395	54,6312	237,578	205,313	314,0011689
D26	17,8393	54,3005	237,308	207,243	315,0630856
	17,8394	54,2998	237,306	207,245	315,0628948
	17,8397	54,3006	237,308	207,242	315,0624278
D2R2	18,4513	54,4470	238,274	207,122	315,7119288
	18,4513	54,4471	238,274	207,121	315,7112727
	18,4519	54,4475	238,275	207,120	315,7113714

Datos día 31/08/2018 E.T: 361051 Tercera Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
H _z (gon)	15,7442	16,5215	17,0400	17,8375	15,6997	16,8627	18,4515
H _z (rad)	0,2473	0,2595	0,2677	0,2802	0,2466	0,2649	0,2898
V (gon)	54,5644	54,5801	54,6320	54,3014	54,1672	54,2045	54,4476
V (rad)	0,8571	0,8573	0,8582	0,8530	0,8509	0,8514	0,8553
D _h (m)	239,696	238,795	237,582	237,313	240,748	239,235	238,277
Δ _z (m)	207,584	206,700	205,311	207,240	211,137	209,563	207,120
D _{geom} (m)	317,089	315,829	314,003	315,065	320,216	318,041	315,713
			Dif Ref-Control(m)		3,1274	2,2115	4,0378
							0,6483

	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	D.Geom(m)	
D23	15,7442	54,5645	239,697	207,583	317,0888735	
	15,7441	54,5643	239,696	207,584	317,0887722	
	15,7442	54,5643	239,696	207,584	317,0887722	
D2R0	15,6997	54,1671	240,748	211,137	320,2162274	
	15,6997	54,1672	240,748	211,137	320,2162274	
	15,6997	54,1672	240,748	211,137	320,2162274	
D24	16,5215	54,5801	238,796	206,700	315,829732	
	16,5214	54,5800	238,795	206,701	315,8296304	
	16,5215	54,5801	238,795	206,700	315,8289759	
D2R1	16,8628	54,2047	239,236	209,562	318,0410281	
	16,8627	54,2044	239,235	209,563	318,0409348	
	16,8626	54,2044	239,235	209,563	318,0409348	
D25	17,0399	54,6322	237,583	205,311	314,0036443	
	17,0400	54,6320	237,582	205,311	314,0028876	
	17,0400	54,6319	237,582	205,311	314,0028876	
D26	17,8376	54,3013	237,312	207,241	315,0647829	
	17,8374	54,3015	237,313	207,240	315,0648783	
	17,8374	54,3015	237,313	207,240	315,0648783	
D2R2	18,4511	54,4477	238,277	207,120	315,7128808	
	18,4515	54,4476	238,277	207,120	315,7128808	
	18,4518	54,4475	238,277	207,121	315,7135369	

Datos día 03/12/2018 E.T: 361051 Cuarta Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
Hz (gon)	15,7450	16,5222	17,0419	17,8411	15,7033	16,8638	18,4519
Hz (rad)	0,2473	0,2595	0,2677	0,2802	0,2467	0,2649	0,2898
V (gon)	54,5445	54,5802	54,6323	54,3014	54,1674	54,2047	54,4476
V (rad)	0,8568	0,8573	0,8582	0,8530	0,8509	0,8514	0,8553
Dh (m)	239,699	238,797	237,585	237,315	240,751	239,238	238,280
Δz (m)	207,585	206,701	205,312	207,242	211,138	209,565	207,123
D.geom(m)	317,092	315,831	314,006	315,068	320,219	318,045	315,717
			Dif Ref-Control(m)		3,1277	2,2131	4,0385
							0,6492

	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	D.Geom(m)	
D23	15,7450	54,5452	239,701	207,583	317,0918972	
	15,7449	54,5438	239,696	207,588	317,0913909	
	15,7450	54,5445	239,699	207,585	317,0916947	
D2R0	15,7041	54,1674	240,751	211,138	320,2191422	
	15,7026	54,1673	240,751	211,139	320,2198016	
	15,7032	54,1674	240,751	211,138	320,2191422	
D24	16,5225	54,5802	238,797	206,701	315,8311426	
	16,5218	54,5802	238,797	206,701	315,8311426	
	16,5224	54,5803	238,798	206,701	315,8318987	
D2R1	16,8637	54,2047	239,239	209,564	318,0446026	
	16,8633	54,2047	239,237	209,566	318,044416	
	16,8644	54,2048	239,239	209,564	318,0446026	
D25	17,0429	54,6321	237,585	205,313	314,0064652	
	17,0417	54,6326	237,586	205,311	314,0059141	
	17,0412	54,6322	237,585	205,312	314,0058114	
D26	17,8411	54,3012	237,314	207,243	315,0676049	
	17,8412	54,3015	237,315	207,242	315,0677003	
	17,8410	54,3015	237,315	207,242	315,0677003	
D2R2	18,4523	54,4473	238,279	207,124	315,7170145	
	18,4514	54,4479	238,281	207,122	315,7172118	
	18,4520	54,4477	238,280	207,122	315,7164571	

Datos día 04/03/2019 E.T: 360826 Quinta Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
H _z (gon)	15,7374	16,5160	17,0360	17,8331	15,6963	16,8552	18,4454
H _z (rad)	0,2472	0,2594	0,2676	0,2801	0,2466	0,2648	0,2897
V (gon)	54,5667	54,5826	54,6373	54,3033	54,1695	54,2076	54,4493
V (rad)	0,8571	0,8574	0,8582	0,8530	0,8509	0,8515	0,8553
D _h (m)	239,702	238,801	237,587	237,318	240,754	239,245	238,280
Δ _z (m)	207,574	206,689	205,301	207,231	211,127	209,549	207,116
D _{geom} (m)	317,089	315,829	314,003	315,065	320,217	318,043	315,715
Dif Ref-Control(m)					3,1287	2,2139	4,0393
							0,6498

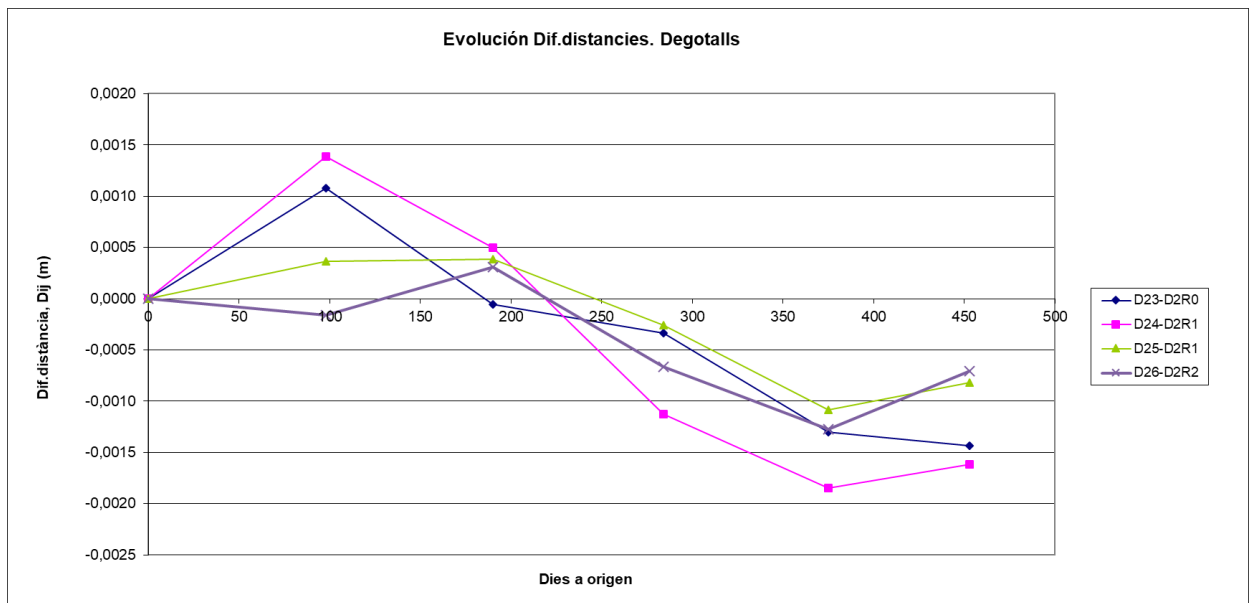
						D. Geometrica tomada en campo
	H _z (gon)	V (gon)	D _h (m)	Δ _z (m)	D _{Geom} (m)	
D23	15,7370	54,5666	239,702	207,574	317,0860561	317,0890
	15,7373	54,5663				317,0887
	15,7380	54,5672				317,0884
D2R0	15,6969	54,1695	240,754	211,127	320,2144839	320,2175
	15,6959	54,1696				320,2172
	15,6962	54,1694				320,2174
D24	16,5159	54,5825	238,801	206,689	315,8256737	315,8286
	16,5163	54,5826				315,8287
	16,5158	54,5828				315,8287
D2R1	16,8549	54,2079	239,245	209,549	318,0395334	318,0425
	16,8556	54,2079				318,0425
	16,8552	54,2070				318,0426
D25	17,0352	54,6420	237,587	205,301	314,0000671	314,0036
	17,0366	54,6349				314,0030
	17,0363	54,6350				314,0031
D26	17,8336	54,3037	237,318	207,231	315,0623863	315,0653
	17,8327	54,3030				315,0652
	17,8329	54,3032				315,0653
D2R2	18,4447	54,4488	238,280	207,116	315,7124948	315,7154
	18,4450	54,4496				315,7151
	18,4464	54,4494				315,7148

Datos día 21/05/2019 E.T: 360826 Sexta Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
H _z (gon)	15,7346	16,5129	17,0325	17,8304	15,6927	16,8546	18,4428
H _z (rad)	0,2472	0,2594	0,2675	0,2801	0,2465	0,2648	0,2897
V (gon)	54,5657	54,5816	54,6337	54,3029	54,1687	54,2067	54,4491
V (rad)	0,8571	0,8574	0,8582	0,8530	0,8509	0,8515	0,8553
D _h (m)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Δ _z (m)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
D _{geom} (m)	317,089	315,829	314,003	315,066	320,217	318,042	315,715
Dif Ref-Control(m)					3,1288	2,2136	4,0390
							0,6493

	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	D.Geom(m)	D. Geometrica tomada en campo
D23	15,7348	54,5657				317,0886
	15,7346	54,5657				317,0887
	15,7343	54,5658				317,0887
D2R0	15,6926	54,1686				320,2175
	15,6928	54,1687				320,2175
	15,6926	54,1688				320,2174
D24	16,5129	54,5817				315,8289
	16,5129	54,5816				315,8287
	16,5128	54,5815				315,8288
D2R1	16,8546	54,2067				318,0424
	16,8549	54,2067				318,0425
	16,8543	54,2066				318,0424
D25	17,0327	54,6337				314,0034
	17,0323	54,6336				314,0034
	17,0326	54,6337				314,0034
D26	17,8303	54,3032				315,0659
	17,8304	54,3028				315,066
	17,8304	54,3028				315,066
D2R2	18,4431	54,4489				315,7154
	18,4426	54,4493				315,7151
	18,4426	54,449				315,7152

RESULTADO DE CADA CAMPAÑA SIN CORRECCIÓN ATMOSFERICA

Nº CAMPAÑA	DIA	DIAS AL ORIGEN	D23-D2R0	D24-D2R1	D25-D2R1	D26-D2R2	DIFERENCIAS AL ORIGEN			
							D23-D2R0	D24-D2R1	D25-D2R1	D26-D2R2
1	22/02/2018	0	3,1274	2,2120	4,0382	0,6486	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	31/05/2018	98	3,1263	2,2106	4,0378	0,6487	0,0011	0,0014	0,0004	-0,0002
3	31/08/2018	190	3,1274	2,2115	4,0378	0,6483	-0,0001	0,0005	0,0004	0,0003
4	03/12/2018	284	3,1277	2,2131	4,0385	0,6492	-0,0003	-0,0011	-0,0003	-0,0007
5	04/03/2019	375	3,1287	2,2139	4,0393	0,6498	-0,0013	-0,0019	-0,0011	-0,0013
6	21/05/2019	453	3,1288	2,2136	4,0390	0,6493	-0,0014	-0,0016	-0,0008	-0,0007



Corrección por temperatura							
Datos día 22/02/2018 E.T: 361051 Primera Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
D.Geom (m)	317,093123	315,8339	314,007702	315,069	320,220488	318,045917	315,718
$\Delta D1$	14,1563979	14,1563979	14,1563979	14,1563979	14,1563979	14,1563979	14,1563979
Dcorregida	317,097612	315,838371	314,012147	315,073639	320,225021	318,050419	315,722208
Dif Ref-Cont	3,12740867	2,21204786	4,03827221	0,64856902			

Corrección por temperatura							
Datos día 31/05/2018 E.T: 361051 Segunda Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
D.Geom (m)	317,088066	315,828453	314,001237	315,063	320,21435	318,039084	315,711524
$\Delta D1$	28,4326697	28,6240994	28,8875139	28,8875139	28,4326697	28,6240994	28,6240994
Dcorregida	317,097081	315,837493	314,010308	315,071904	320,223454	318,048188	315,720561
Dif Ref-Cont	3,12637297	2,21069473	4,03787986	0,64865713			

Corrección por temperatura							
Datos día 31/08/2018 E.T: 361051 Tercera Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
D.Geom (m)	317,088806	315,829446	314,00314	315,064847	320,216227	318,040966	315,7131
$\Delta D1$	32,7364271	32,0498792	31,3594044	31,3594044	32,7364271	32,0498792	32,0498792
Dcorregida	317,099186	315,839568	314,012987	315,074727	320,22671	318,051159	315,723218
Dif Ref-Cont	3,12752377	2,21159066	4,03817225	0,64849131			

Corrección por temperatura							
Datos día 03/12/2018 E.T: 361051 Cuarta Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
D.Geom (m)	317,091661	315,831395	314,006064	315,067669	320,219362	318,04454	315,716894
$\Delta D1$	17,4756985	17,1957612	17,3075323	17,3075323	17,4756985	17,1957612	17,1957612
Dcorregida	317,097202	315,836826	314,011498	315,073122	320,224958	318,050009	315,722323
Dif Ref-Cont	3,12775576	2,21318383	4,03851113	0,6492019			

Corrección por temperatura							
Datos día 04/03/2019 E.T: 360826 Quinta Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
D.Geom (m)	317,0887	315,828667	314,003233	315,065267	320,217367	318,042533	315,7151
$\Delta D1$	22,9284067	22,9348336	23,1274269	23,1274269	22,9284067	22,9348336	22,9348336
Dcorregida	317,09597	315,83591	314,010495	315,072553	320,224709	318,049828	315,722341
Dif Ref-Cont	3,1287384	2,21391744	4,03933217	0,64978756			

Corrección por temperatura							
Datos día 04/03/2019 E.T: 360826 Quinta Campaña (promedio de las medidas)							
	D23	D24	D25	D26	D2R0	D2R1	D2R2
D.Geom (m)	317,088667	315,8288	314,0034	315,065967	320,217467	318,042433	315,715233
$\Delta D1$	27,1256335	27,1256335	26,6811099	26,6811099	27,1256335	26,6811099	26,6811099
Dcorregida	317,097268	315,837367	314,011778	315,074373	320,226153	318,050919	315,723657
Dif Ref-Cont	3,12888487	2,213552	4,0391411	0,64928399			

<i>Fecha</i>	<i>Horas</i>	<i>Presión</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Humedad</i>
22/02/2018	9:00	930	2,3	36
	9:16	930	2,3	36
		930	2,3	36
	10:00	930	2,3	36
31/05/2018	11:50	941	20,5	57
	12:00	941	20,7	58
	12:10	941	21	57
	12:20	941	21,6	57
31/08/2018	17:15	949	28	38
	17:25	949	27,2	39
	17:33	949	26,4	40
	17:40	949	26	41
03/12/2018	10:55	945	10	60
	11:06	946	10	61
	11:14	946	10,1	64
	11:19	946	10,2	61
04/03/2018	10:30	940	14,4	35
	10:45	940	14,4	36
	10:53	940	14,6	37
	11:00	940	15	37
21/05/2019	18:43	940	19	32
	18:54	940	18,5	33
	19:05	940	18	35

CADIRETA

Datos día 31/12/2014 E.T: 361051 Primera Campaña (promedio de las medidas)										
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9
H _z (gon)	332,1186	332,394275	332,6700	332,2616	332,8945	331,9455	332,4448	332,7896	332,2327	332,6202
H _z (rad)	5,2169	5,22123706	5,2256	5,2192	5,2291	5,2142	5,2220	5,2274	5,2187	5,2248
V (gon)	67,8710	67,9686	68,0662	67,6477	67,7780	68,1606	68,2071	68,2268	68,1552	68,2539
V (rad)	1,0661	1,06764827	1,0692	1,0626	1,0647	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721
Dh (m)	469,526	468,728	467,931	470,056	468,207	454,066	456,220	457,692	453,700	456,903
Δ _z (m)	259,389	258,01375	256,639	261,839	259,555	248,159	248,904	249,523	248,008	248,841
D _{geom} (m)	536,411	535,049	533,687			517,454	519,701	521,290		
				Dif Ref-Control(m)		18,9574	15,3471	12,3973		

Datos día 31/12/2014 E.T: 361051 Primera Campaña					
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	OBSERVACIONES
RP1	332,1185	67,8711	469,526	259,388	Mucha dispersión en los ángulos horizontales de CP3. Mini prismas base desaparecido y Foradada no encontrado. Dos mediciones para todos los primas excepto para CP3 por falta de tiempo.
	332,1186	67,8709	469,525	259,390	
RP2	332,6706	68,0659	467,929	256,641	
	332,6694	68,0665	467,932	256,636	
RM6	332,2616	67,6478	470,056	261,838	
	332,2615	67,6476	470,056	261,839	
RM7	332,8941	67,7782	468,208	259,554	
	332,8948	67,7778	468,206	259,556	
CP3	331,9428	68,1605	454,065	248,159	
	331,9440	68,1608	454,067	248,157	
	331,9498	68,1604	454,065	248,160	
CP4	332,4448	68,2070	456,220	248,904	
	332,4447	68,2072	456,220	248,903	
CP5	332,7897	68,2268	457,692	249,522	
	332,7894	68,2268	457,692	249,523	
CM8	332,2330	68,1549	453,699	248,010	
	332,2324	68,1554	453,701	248,006	
CM9	332,6202	68,2536	456,902	248,842	
	332,6202	68,2541	456,904	248,839	

Datos día 22/01/2015 E.T: 361051 Segunda Campaña (promedio de las medidas)												
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMB	RMF
Hz (gon)	332,1084	332,383417	332,6584	332,2507	332,8844	331,9418	332,4366	221,8543	332,2220	332,6097	330,9992	337,5077
Hz (rad)	5,2167	5,2210665	5,2254	5,2190	5,2289	5,2141	5,2219	3,4849	5,2185	5,2246	5,1993	5,3016
V (gon)	67,8715	67,9688167	68,0661	67,6480	67,7779	68,1611	68,2077	68,2273	68,1557	68,2541	74,2042	72,5221
V (rad)	1,0661	1,06765168	1,0692	1,0626	1,0647	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1656	1,1392
Dh (m)	469,526	468,726667	467,928	470,055	468,205	454,066	456,220	457,692	453,700	456,902	450,795	572,069
Δz (m)	259,384	258,010667	256,638	261,835	259,554	248,154	248,897	249,518	248,003	248,838	193,381	263,518
Dgeom(m)	536,409	535,046	533,685			517,452	519,699	521,288				
				Dif Ref-Control(m)		18,9569	15,3474	12,3967				

Datos día 22/01/2015 E.T: 361051 Segunda Campaña					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1086	67,8716	469,526	259,383	Campaña correcta. Tres mediciones en todos los prismas. Mini prismas base y Foradada recolocados. Implementación de una pequeña capa de hormigón en el punto de emplazamiento para la futura estabilidad del trípode.
	332,1084	67,8714	469,525	259,385	
	332,1082	67,8716	469,526	259,383	
RP2	332,6587	68,0662	467,928	256,637	
	332,6583	68,0662	467,928	256,637	
	332,6583	68,0659	467,927	256,639	
RM6	332,2507	67,6479	470,055	261,836	
	332,2507	67,6480	470,055	261,835	
	332,2507	67,6482	470,056	261,833	
RM7	332,8850	67,7775	468,203	259,557	
	332,8842	67,7779	468,205	259,553	
	332,8840	67,7783	468,206	259,551	
CP3	331,9419	68,1614	454,067	248,152	
	331,9417	68,1610	454,066	248,154	
	331,9417	68,1608	454,065	248,156	
CP4	332,4367	68,2075	456,219	248,899	
	332,4365	68,2080	456,221	248,895	
	332,4365	68,2077	456,220	248,898	
CP5	332,7815	68,2272	457,691	249,519	
	332,7813	68,2273	457,692	249,518	
	332,7814	68,2273	457,692	249,518	
CM8	332,2219	68,1558	453,700	248,003	
	332,2220	68,1557	453,699	248,003	
	332,2222	68,1557	453,700	248,003	
CM9	332,6097	68,2540	456,902	248,839	
	332,6097	68,2542	456,903	248,837	
	332,6098	68,2540	456,902	248,839	
RMB	330,9994	74,2042	450,795	193,381	
	330,9991	74,2042	450,795	193,381	
	330,9991	74,2041	450,795	193,382	
RMF	337,5078	72,5220	572,068	263,520	
	337,5077	72,5222	572,069	263,517	
	337,5077	72,5222	572,069	263,518	

Datos día 11/02/2015 E.T: 361051 Tercera Campaña (promedio de las medidas)												
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMB	RMF
Hz (gon)	332,1083	332,38335	332,6584	332,2511	332,8846	331,9421	332,4368	332,7813	332,2232	332,6098	330,9999	337,5090
Hz (rad)	5,2167	5,22106545	5,2254	5,2190	5,2289	5,2141	5,2219	5,2273	5,2186	5,2246	5,1993	5,3016
V (gon)	67,8709	67,9684833	68,0661	67,6475	67,7772	68,1607	68,2072	68,2268	68,1551	68,2535	74,2039	72,5219
V (rad)	1,0661	1,06764644	1,0692	1,0626	1,0646	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1656	1,1392
Dh (m)	469,523	468,725333	467,928	470,053	468,202	454,064	456,218	457,689	453,697	456,900	450,794	572,067
Δz (m)	259,388	258,012667	256,637	261,839	259,558	248,157	248,901	249,521	248,008	248,842	193,384	263,520
D.geom(m)	536,408	535,046	533,684			517,451	519,699	521,287				
				Dif Ref-Control(m)		18,957	15,347	12,397				

Datos día 11/02/2015 E.T: 361051 Tercera Campaña					
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	OBSERVACIONES
RP1	332,1083	67,8706	469,523	259,388	Campaña correcta. Tres mediciones en todos los prismas. Cimentación en correcto estado.
	332,1083	67,8710	469,523	259,388	
	332,1083	67,8710	469,523	259,388	
RP2	332,6584	68,0661	467,928	256,637	
	332,6585	68,0660	467,927	256,638	
	332,6583	68,0662	467,928	256,637	
RM6	332,2511	67,6475	470,053	261,839	
	332,2511	67,6476	470,053	261,838	
	332,2510	67,6474	470,053	261,839	
RM7	332,8846	67,7771	468,201	259,559	
	332,8845	67,7773	468,202	259,558	
	332,8847	67,7773	468,202	259,558	
CP3	331,9421	68,1607	454,064	248,157	
	331,9422	68,1607	454,064	248,156	
	331,9421	68,1606	454,064	248,157	
CP4	332,4369	68,2072	456,218	248,901	
	332,4367	68,2072	456,218	248,901	
	332,4369	68,2073	456,219	248,900	
CP5	332,7813	68,2267	457,689	249,521	
	332,7814	68,2268	457,689	249,521	
	332,7813	68,2268	457,690	249,521	
CM8	332,2233	68,1551	453,697	248,008	
	332,2232	68,1551	453,697	248,007	
	332,2232	68,1551	453,697	248,008	
CM9	332,6098	68,2536	456,900	248,841	
	332,6098	68,2535	456,900	248,842	
	332,6099	68,2535	456,899	248,842	
RMB	330,9997	74,2037	450,793	193,385	
	331,0001	74,2039	450,794	193,384	
	330,9999	74,2040	450,794	193,383	
RMF	337,5090	72,5218	572,067	263,521	
	337,5089	72,5219	572,067	263,520	
	337,5090	72,5220	572,068	263,520	

Datos día 20/05/2015 E.T: 361051 Cuarta Campaña (promedio de las medidas)													
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMB	RMF	
Hz (gon)	332,1096	332,384767	332,6599	332,2520	332,8869	331,9430	332,4381	332,7827	332,2231	332,6106	331,0018	337,5108	
Hz (rad)	5,2168	5,22108771	5,2254	5,2190	5,2290	5,2141	5,2219	5,2273	5,2185	5,2246	5,1994	5,3016	
V (gon)	67,8713	67,9686333	68,0660	67,6473	67,7773	68,1607	68,2080	68,2273	68,1559	68,2541	74,2037	72,5212	
V (rad)	1,0661	1,0676488	1,0692	1,0626	1,0646	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1656	1,1392	
Dh (m)	469,524	468,725333	467,926	470,052	468,202	454,069	456,226	457,697	453,705	456,907	450,792	572,064	
Δz (m)	259,385	258,011833	256,638	261,840	259,558	248,160	248,898	249,520	248,005	248,840	193,385	263,527	
D.geom(m)	536,408	535,045	533,684			517,457	519,705	521,294					
				Dif Ref-Control(m)		18,951	15,341	12,390					

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1092	67,8712	469,524	259,386	
	332,1099	67,8715	469,525	259,384	
	332,1098	67,8712	469,524	259,386	
RP2	332,6598	68,0659	467,926	256,639	
	332,6601	68,0661	467,927	256,638	
	332,6598	68,0659	467,926	256,638	
RM6	332,2517	67,6476	470,053	261,838	
	332,2521	67,6473	470,052	261,840	
	332,2522	67,6469	470,051	261,843	
RM7	332,8870	67,7773	468,202	259,558	
	332,8868	67,7774	468,202	259,557	
	332,8869	67,7772	468,201	259,559	
CP3	331,9430	68,1607	454,069	248,159	
	331,9429	68,1607	454,069	248,160	
	331,9432	68,1606	454,069	248,160	
CP4	332,4382	68,2082	456,227	248,897	
	332,4383	68,2077	456,225	248,900	
	332,4379	68,2080	456,227	248,898	
CP5	332,7827	68,2276	457,698	249,518	
	332,7828	68,2271	457,696	249,522	
	332,7826	68,2273	457,697	249,521	
CM8	332,2230	68,1558	453,704	248,005	
	332,2231	68,1557	453,704	248,006	
	332,2232	68,1561	453,706	248,003	
CM9	332,6105	68,2542	456,907	248,840	
	332,6106	68,2540	456,906	248,841	
	332,6106	68,2541	456,907	248,840	
RMB	331,0017	74,2039	450,793	193,383	
	331,0018	74,2036	450,792	193,385	
	331,0018	74,2035	450,791	193,386	
RMF	337,5110	72,5212	572,064	263,527	
	337,5108	72,5213	572,064	263,526	
	337,5106	72,5211	572,063	263,528	

Datos día 19/08/2015 E.T: 361051 Quinta Campaña (promedio de las medidas)												
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMB	RMF
Hz (gon)	332,1102	332,385083	332,6600	332,2520	332,8859	331,6822	332,4380	332,7823	332,2236	332,6107	331,0016	337,5110
Hz (rad)	5,2168	5,22109268	5,2254	5,2190	5,2290	5,2101	5,2219	5,2273	5,2186	5,2246	5,1994	5,3016
V (gon)	67,8707	67,9679833	68,0653	67,6371	67,7773	68,1602	68,2075	68,2260	68,1548	68,2534	74,2033	72,5216
V (rad)	1,0661	1,06763859	1,0692	1,0624	1,0646	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1656	1,1392
Dh (m)	469,517	468,7175	467,918	470,046	468,197	454,063	456,220	457,687	453,697	456,900	450,786	572,060
Δz (m)	259,387	258,013667	256,640	261,838	259,555	248,161	248,900	249,527	248,010	248,843	193,385	263,520
D.geom(m)	536,402	535,039	533,678			517,453	519,700	521,288				
				Dif Ref-Control(m)		18,950	15,339	12,390				

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1102	67,8702	469,515	259,390	
	332,1104	67,8711	469,518	259,384	
	332,1100	67,8707	469,517	259,387	
RP2	332,6600	68,0655	467,919	256,639	
	332,6599	68,0652	467,918	256,641	
	332,6600	68,0652	467,918	256,641	
RM6	332,2518	67,6473	470,047	261,837	
	332,2518	67,6469	470,045	261,840	
	332,2524	67,6172	470,047	261,838	
RM7	332,8857	67,7777	468,198	259,552	
	332,8859	67,7773	468,197	259,555	
	332,8861	67,7768	468,195	259,558	
CP3	331,9431	68,1599	454,062	248,163	
	331,9430	68,1600	454,062	248,162	
	331,1606	68,1606	454,065	248,158	
CP4	332,4375	68,2071	456,219	248,903	
	332,4379	68,2076	456,221	248,898	
	332,4386	68,2077	456,221	248,898	
CP5	332,7823	68,2257	457,686	249,529	
	332,7822	68,2260	457,687	249,527	
	332,7825	68,2262	457,688	249,526	
CM8	332,2240	68,1547	453,696	248,010	
	332,2232	68,1549	453,697	248,010	
	332,2235	68,1548	453,697	248,010	
CM9	332,6102	68,2536	456,901	248,842	
	332,6109	68,2531	456,899	248,845	
	332,6109	68,2534	456,900	248,843	
RMB	331,0018	74,2035	450,786	193,384	
	331,0015	74,2033	450,786	193,385	
	331,0016	74,2030	450,785	193,387	
RMF	337,5114	72,5221	572,062	263,516	
	337,5109	72,5214	572,059	263,523	
	337,5108	72,5214	572,059	263,522	

Datos día 19/11/2015 E.T: 361051 Sexta Campaña (promedio de las medidas)												
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMB	RMF
Hz (gon)	332,1096	332,384983	332,6603	332,2522	332,8860	331,9424	332,4370	332,7816	332,2228	332,6107	331,0016	337,5112
Hz (rad)	5,2168	5,22109111	5,2254	5,2190	5,2290	5,2141	5,2219	5,2273	5,2185	5,2246	5,1994	5,3016
V (gon)	67,8702	67,9676333	68,0651	67,6466	67,7764	68,1604	68,2073	68,2263	68,1543	68,2533	74,2032	72,5211
V (rad)	1,0661	1,06763309	1,0692	1,0626	1,0646	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1656	1,1392
Dh (m)	469,517	468,718667	467,920	470,047	468,196	454,063	456,219	457,688	453,695	456,898	450,788	572,060
Δz (m)	259,392	258,017667	256,643	261,844	259,563	248,159	248,901	249,525	248,013	248,843	193,387	263,526
D.geom(m)	536,405	535,042	533,681			517,451	519,699	521,288				
				Dif Ref-Control(m)		18,954	15,343	12,393				

Datos					
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	OBSERVACIONES
RP1	332,1097	67,8702	469,517	259,392	
	332,1095	67,8701	469,517	259,393	
	332,1097	67,8703	469,518	259,391	
RP2	332,6603	68,0651	467,920	256,643	
	332,6604	68,0651	467,920	256,643	
	332,6603	68,0650	467,920	256,644	
RM6	332,2522	67,6466	470,047	261,844	
	332,2522	67,6465	470,047	261,844	
	332,2522	67,6467	470,047	261,843	
RM7	332,8860	67,7762	468,195	259,564	
	332,8860	67,7765	468,196	259,563	
	332,8860	67,7765	468,196	259,563	
CP3	331,9425	68,1604	454,063	248,159	
	331,9424	68,1605	454,063	248,158	
	331,9422	68,1604	454,063	248,159	
CP4	332,4370	68,2072	456,218	248,901	
	332,4372	68,2073	456,219	248,901	
	332,4368	68,2074	456,219	248,900	
CP5	332,7819	68,2263	457,688	249,525	
	332,7814	68,2264	457,688	249,524	
	332,7816	68,2263	457,688	249,525	
CM8	332,2226	68,1544	453,695	248,012	
	332,2227	68,1544	453,695	248,012	
	332,2230	68,1542	453,694	248,014	
CM9	332,6105	68,2534	456,899	248,842	
	332,6108	68,2532	456,898	248,844	
	332,6107	68,2532	456,898	248,844	
RMB	331,0016	74,2032	450,788	193,387	
	331,0015	74,2034	450,788	193,386	
	331,0017	74,2030	450,787	193,388	
RMF	337,5112	72,5211	572,060	263,526	
	337,5112	72,5211	572,060	263,526	
	337,5111	72,5211	572,060	263,526	

Datos día 29/02/2016 E.T: 361051 Séptima Campaña (promedio de las medidas)												
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMB	RMF
Hz (gon)	332,1091	332,384117	332,6591	332,2515	332,8849	331,9412	332,4358	332,7810	332,2247	332,6103	330,9995	337,5077
Hz (rad)	5,2168	5,2210775	5,2254	5,2190	5,2289	5,2141	5,2219	5,2273	5,2186	5,2246	5,1993	5,3016
V (gon)	67,8711	67,96865	68,0662	67,6482	67,7779	68,1615	68,2087	68,2276	68,1559	68,2547	74,2044	72,5223
V (rad)	1,0661	1,06764906	1,0692	1,0626	1,0647	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1656	1,1392
Dh (m)	469,522	468,724167	467,926	470,054	468,203	454,068	456,225	457,694	453,701	456,905	450,794	573,400
Δz (m)	259,386	258,011167	256,636	261,832	259,553	248,151	248,891	249,514	248,002	248,834	193,379	263,514
D.geom(m)	536,407	535,044	533,683			517,452	519,700	521,288				
				Dif Ref-Control(m)		18,954	15,344	12,394				

Datos					
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	OBSERVACIONES
RP1	332,1093	67,8712	469,522	259,386	
	332,1091	67,8710	469,522	259,387	
	332,1089	67,8711	469,522	259,386	
RP2	332,6590	68,0663	467,927	256,635	
	332,6591	68,0661	467,926	256,637	
	332,6593	68,0662	467,926	256,636	
RM6	332,2514	67,6482	470,054	261,833	
	332,2515	67,6484	470,055	261,831	
	332,2515	67,6481	470,054	261,833	
RM7	332,8850	67,7779	468,203	259,553	
	332,8845	67,7778	468,202	259,554	
	332,8853	67,7780	468,203	259,552	
CP3	331,9412	68,1614	454,068	248,152	
	331,9412	68,1616	454,068	248,151	
	331,9411	68,1616	454,068	248,151	
CP4	332,4355	68,2085	456,224	248,892	
	332,4360	68,2090	456,226	248,889	
	332,4358	68,2087	456,225	248,891	
CP5	332,7812	68,2270	457,694	249,515	
	332,7810	68,2278	457,694	249,514	
	332,7808	68,2280	457,695	249,513	
CM8	332,2263	68,1558	453,700	248,003	
	332,2239	68,1559	453,701	248,002	
	332,2240	68,1559	453,701	248,002	
CM9	332,6102	68,2545	456,904	248,835	
	332,6103	68,2547	456,905	248,834	
	332,6104	68,2548	456,905	248,833	
RMB	330,9993	74,2044	450,793	193,379	
	330,9999	74,2042	450,793	193,381	
	330,9993	74,2047	450,795	193,377	
RMF	337,5077	72,5221	572,066	263,517	
	337,5077	72,5226	576,068	263,513	
	337,5077	72,5222	572,067	263,513	

Datos día 31/05/2016 E.T: 361051 Octava Campaña (promedio de las medidas)												
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMB	RMF
Hz (gon)	332,1092	332,3842	332,6592	333,2515	332,8852	331,9420	332,4375	332,7817	298,8897	332,6107	331,0008	337,5097
Hz (rad)	5,2168	5,2210788	5,2254	5,2347	5,2289	5,2141	5,2219	5,2273	4,6949	5,2246	5,1993	5,3016
V (gon)	67,8714	67,9687667	68,0661	67,6476	67,7775	68,1612	68,2078	68,2272	68,1556	68,2545	74,2040	72,5219
V (rad)	1,0661	1,06765089	1,0692	1,0626	1,0646	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1656	1,1392
Dh (m)	469,520	468,7215	467,923	470,049	468,198	454,067	456,222	457,692	453,699	456,904	450,790	572,062
Δz (m)	259,382	258,0085	256,635	261,835	259,554	248,153	248,897	249,518	248,005	248,835	193,380	263,518
D.geom(m)	536,403	535,040	533,679			517,452	519,700	521,288				
				Dif Ref-Control(m)		18,951	15,341	12,391				

Datos					
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	OBSERVACIONES
RP1	332,1091	67,8714	469,520	259,382	
	332,1092	67,8715	469,521	259,382	
	332,1092	67,8713	469,519	259,383	
RP2	332,6593	68,0662	467,924	256,634	
	332,6592	68,0662	467,923	256,634	
	332,6592	68,0660	467,922	256,636	
RM6	332,2516	67,6475	470,048	261,836	
	332,2513	67,6476	470,049	261,835	
	335,2515	67,6477	470,049	261,835	
RM7	332,8851	67,7776	468,199	259,553	
	332,8852	67,7776	468,199	259,553	
	332,8852	67,7772	468,197	259,556	
CP3	331,9419	68,1610	454,066	248,155	
	331,9421	68,1613	454,067	248,152	
	331,9421	68,1613	454,067	248,153	
CP4	332,4376	68,2078	456,222	248,897	
	332,4376	68,2078	456,221	248,897	
	332,4374	68,2079	456,222	248,897	
CP5	332,7819	68,2271	457,691	249,519	
	332,7816	68,2271	457,692	249,519	
	332,7817	68,2274	457,693	249,517	
CM8	332,2230	68,1551	453,697	248,008	
	332,2232	68,1558	453,700	248,003	
	232,2230	68,1558	453,700	248,003	
CM9	332,6107	68,2548	456,905	248,833	
	332,6107	68,2544	456,904	248,835	
	332,6107	68,2542	456,903	248,837	
RMB	331,0009	74,2039	450,789	193,381	
	331,0008	74,2041	450,790	193,380	
	331,0008	74,2041	450,790	193,380	
RMF	337,5097	72,5220	572,063	263,517	
	337,5098	72,5217	572,061	263,519	
	337,5096	72,5220	572,062	263,517	

Datos día 31/08/2016 E.T: 361051 Novena Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1109	332,385917	332,6609	332,2538	332,8866	331,9443	332,4395	332,7842	332,2250	332,6126	337,5109
Hz (rad)	5,2168	5,22110577	5,2254	5,2190	5,2290	5,2142	5,2219	5,2274	5,2186	5,2247	5,3016
V (gon)	67,8705	67,9677	68,0649	67,6469	67,7764	68,1601	68,2070	68,2261	68,1546	68,2533	72,5216
V (rad)	1,0661	1,06763414	1,0692	1,0626	1,0646	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1392
Dh (m)	469,514	468,7145	467,915	470,044	468,194	454,061	456,217	457,686	454,694	456,898	572,058
Δz (m)	259,388	258,014833	256,642	261,839	259,561	248,160	248,902	249,526	248,011	248,843	263,519
D.geom(m)	536,400	535,037	533,676			517,450	519,698	521,287			
				Dif Ref-Control(m)		18,950	15,339	12,389			

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1109	67,8708	469,515	259,385	Desapareció el RMB
	332,1110	67,8702	469,513	259,390	
	332,1108	67,8704	469,514	259,388	
RP2	332,6607	68,0652	467,916	256,640	
	332,6610	68,0648	467,915	256,643	
	332,6611	68,0648	467,914	256,643	
RM6	332,2538	67,6471	470,045	261,838	
	332,2536	67,6464	470,042	261,843	
	332,2541	67,6472	470,045	261,837	
RM7	332,8862	67,7770	468,194	259,557	
	332,8882	67,7752	468,194	259,570	
	332,8855	67,7769	468,194	259,557	
CP3	331,9448	68,1601	454,061	248,160	
	331,9442	68,1602	454,061	248,160	
	331,9440	68,1600	454,061	248,161	
CP4	332,4391	68,2067	456,216	248,904	
	332,4397	68,2073	456,218	248,900	
	332,4398	68,2070	456,217	248,902	
CP5	332,7843	68,2261	457,686	249,526	
	332,7839	68,2263	457,687	249,524	
	332,7844	68,2258	457,685	249,528	
CM8	332,2249	68,1547	456,694	248,010	
	332,2250	68,1545	453,694	248,012	
	332,2251	68,1546	453,694	248,011	
CM9	332,6129	68,2532	456,898	248,843	
	332,6125	68,2533	456,898	248,843	
	332,6123	68,2533	456,898	248,843	
RMF	337,5111	72,5217	572,058	263,518	
	337,5107	72,5215	572,057	263,520	
	337,5108	72,5217	572,058	263,518	

Datos día 24/11/2016 E.T: 361051 Decima Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1088	332,383817	332,6588	332,2510	332,8853	331,9419	332,4364	332,7811	332,2229	332,6100	337,5089
Hz (rad)	5,2168	5,22107278	5,2254	5,2190	5,2289	5,2141	5,2219	5,2273	5,2185	5,2246	5,3016
V (gon)	67,8714	67,9687833	68,0662	67,6480	67,7783	68,1611	68,2082	68,2268	68,1556	68,2542	72,5221
V (rad)	1,0661	1,06765115	1,0692	1,0626	1,0647	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1392
Dh (m)	469,523	468,724167	467,925	470,053	468,204	454,066	456,222	457,690	454,699	456,903	572,066
Δz (m)	259,384	258,010167	256,636	261,834	259,550	248,154	248,895	249,521	248,004	248,837	263,518
D.geom(m)	536,406	535,044	533,682			517,452	519,699	521,288			
				Dif Ref-Control(m)		18,954	15,344	12,394			

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1089	67,8714	469,523	259,384	
	332,1088	67,8714	469,523	259,384	
	332,1088	67,8714	469,523	259,384	
RP2	332,6588	68,0661	467,925	256,637	
	332,6587	68,0663	467,926	256,635	
	332,6589	68,0661	467,925	256,637	
RM6	332,2511	67,6480	470,053	261,834	
	332,2510	67,6480	470,053	261,834	
	332,2509	67,6479	470,053	261,835	
RM7	332,8853	67,7783	468,204	259,550	
	332,8853	67,7783	468,204	259,549	
	332,8852	67,7782	468,204	259,551	
CP3	331,9419	68,1610	454,066	248,155	
	331,9419	68,1611	454,066	248,154	
	331,9419	68,1612	454,067	248,153	
CP4	332,4366	68,2081	456,222	248,895	
	332,4364	68,2082	456,223	248,894	
	332,4363	68,2082	456,222	248,895	
CP5	332,7810	68,2267	457,689	249,522	
	332,7812	68,2269	457,690	249,521	
	332,7812	68,2269	457,690	249,521	
CM8	332,2229	68,1556	453,699	248,004	
	332,2229	68,1556	456,700	248,004	
	332,2230	68,1556	453,699	248,004	
CM9	332,6100	68,2542	456,903	248,837	
	332,6099	68,2541	456,902	248,838	
	332,6100	68,2542	456,903	248,837	
RMF	337,5087	72,5221	572,066	263,518	
	337,5090	72,5221	572,066	263,517	
	337,5089	72,5220	572,065	263,519	

Datos día 20/02/2017 E.T: 361051 Undécima Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1078	332,382533	332,6573	332,2507	332,8834	331,9423	332,4387	332,7826	332,2222	332,6104	337,5081
Hz (rad)	5,2167	5,22105262	5,2254	5,2190	5,2289	5,2141	5,2219	5,2273	5,2185	5,2246	5,3016
V (gon)	67,8690	67,9658167	68,0627	67,6453	67,7753	68,1583	68,2056	68,2249	68,1531	68,2513	72,5199
V (rad)	1,0661	1,06760455	1,0691	1,0626	1,0646	1,0706	1,0714	1,0717	1,0705	1,0721	1,1391
Dh (m)	469,515	468,714	467,913	470,044	468,193	454,056	456,214	457,684	453,691	456,893	572,059
Δz (m)	259,403	258,032833	256,663	261,854	259,573	248,175	248,914	249,536	248,023	248,859	263,539
D.geom(m)	536,408	535,046	533,684			517,453	519,701	521,290			
				Dif Ref-Control(m)		18,955	15,344	12,394			

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1079	67,8690	469,515	259,403	
	332,1078	67,8692	469,516	259,401	
	332,1077	67,8687	469,513	259,405	
RP2	332,6576	68,0632	467,915	256,659	
	332,6571	68,0625	467,913	256,664	
	332,6571	68,0623	467,912	256,665	
RM6	332,2508	67,6453	470,044	261,855	
	332,2509	67,6453	470,044	261,854	
	332,2503	67,6453	470,044	261,854	
RM7	332,8835	67,7758	468,195	259,569	
	332,8834	67,7750	468,192	259,575	
	332,8833	67,7751	468,193	259,574	
CP3	331,9423	68,1578	454,055	248,179	
	331,9423	68,1587	454,058	248,171	
	331,9424	68,1583	454,056	248,175	
CP4	332,4391	68,2050	456,212	248,917	
	332,4381	68,2059	456,215	248,911	
	332,4388	68,2058	456,215	248,913	
CP5	332,7824	68,2243	457,682	249,540	
	332,7827	68,2248	457,684	249,537	
	332,7828	68,2255	457,686	249,532	
CM8	332,2219	68,1533	453,692	248,022	
	332,2225	68,1527	453,689	248,026	
	332,2222	68,1533	453,692	248,021	
CM9	332,6109	68,2518	456,894	248,855	
	332,6104	68,2510	456,892	248,861	
	332,6099	68,2511	456,892	248,860	
RMF	337,5078	72,5198	572,059	263,539	
	337,5082	72,5198	572,058	263,540	
	337,5082	72,5200	572,059	263,537	

Datos día 25/05/2017 E.T: 361051 Duodécima Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1130	332,3781	332,6432	332,2554	332,8894	331,9444	332,4405	332,7855	332,2265	332,6144	337,5134
Hz (rad)	5,2168	5,22098299	5,2251	5,2191	5,2290	5,2142	5,2220	5,2274	5,2186	5,2247	5,3016
V (gon)	67,8678	67,9653	68,0628	67,6441	67,7742	68,1570	68,2045	68,2237	68,1520	68,2507	72,5187
V (rad)	1,0661	1,06759644	1,0691	1,0626	1,0646	1,0706	1,0714	1,0717	1,0705	1,0721	1,1391
Dh (m)	469,501	468,703333	467,905	470,030	468,181	454,047	456,205	457,675	453,681	456,886	572,044
Δz (m)	259,407	258,032	256,657	261,859	259,576	248,182	248,919	249,541	248,028	248,861	263,545
D.geom(m)	536,398	535,036	533,674			517,448	519,696	521,284			
				Dif Ref-Control(m)		18,950	15,340	12,390			

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1129	67,8679	469,502	259,406	
	332,1128	67,8680	469,502	259,405	
	332,1132	67,8675	469,500	259,409	
RP2	332,6633	68,0626	467,904	256,659	
	332,6332	68,0632	467,907	256,654	
	332,6332	68,0626	467,905	256,659	
RM6	332,2556	67,6442	470,031	261,858	
	332,2554	67,6440	470,030	261,860	
	332,2552	67,6440	470,030	261,859	
RM7	332,8890	67,7739	468,180	259,578	
	332,8897	67,7742	468,181	259,576	
	332,8894	67,7746	468,182	259,573	
CP3	331,9445	68,1572	454,048	248,180	
	331,9441	68,1566	454,045	248,184	
	331,9446	68,1571	454,047	248,181	
CP4	332,4405	68,2040	456,203	248,923	
	332,4407	68,2043	456,204	248,920	
	332,4402	68,2052	456,208	248,914	
CP5	332,7857	68,2238	457,675	249,541	
	332,7858	68,2236	457,674	249,542	
	332,7851	68,2238	457,675	249,541	
CM8	332,2264	68,1519	453,681	248,029	
	332,2267	68,1518	453,680	248,029	
	332,2264	68,1523	453,683	248,026	
CM9	332,6144	68,2502	456,884	248,864	
	332,6145	68,2505	456,885	248,862	
	332,6143	68,2513	456,888	248,856	
RMF	337,5135	72,5186	572,044	263,546	
	337,5135	72,5190	572,046	263,542	
	337,5133	72,5184	572,043	263,547	

Datos día 24/08/2017 E.T: 361051 Decimotercera Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1123	332,387367	332,6624	332,2548	332,8881	331,9436	332,4391	332,7843	332,2261	332,6132	337,5133
Hz (rad)	5,2168	5,22112855	5,2254	5,2190	5,2290	5,2142	5,2219	5,2274	5,2186	5,2247	5,3016
V (gon)	67,8680	67,96545	68,0629	67,6443	67,7742	68,1572	68,2044	68,2243	68,1522	68,2510	72,5192
V (rad)	1,0661	1,06759879	1,0691	1,0626	1,0646	1,0706	1,0714	1,0717	1,0705	1,0721	1,1391
Dh (m)	469,503	468,704333	467,906	470,032	468,181	454,049	456,206	457,678	453,684	456,888	572,046
Δz (m)	259,405	258,030667	256,656	261,858	259,576	248,181	248,920	249,538	248,027	248,859	254,540
D.geom(m)	536,399	535,036	533,674			517,450	519,697	521,286			
				Dif Ref-Control(m)		18,950	15,339	12,388			

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1121	67,8673	469,500	259,410	
	332,1123	67,8680	469,503	259,405	
	332,1125	67,8688	469,506	259,400	
RP2	332,6625	68,0625	467,904	256,659	
	332,6628	68,0630	467,906	256,656	
	332,6620	68,0631	467,907	256,654	
RM6	332,2545	67,6443	470,032	261,858	
	332,2548	67,6440	470,031	261,860	
	332,2550	67,6445	470,033	261,856	
RM7	332,8877	67,7739	468,179	259,579	
	332,8880	67,7741	468,181	259,577	
	332,8886	67,7747	468,183	259,573	
CP3	331,9438	68,1572	454,049	248,181	
	331,9435	68,1573	454,049	248,180	
	331,9435	68,1570	454,048	248,182	
CP4	332,4389	68,2043	456,205	248,921	
	332,4391	68,2045	456,206	248,920	
	332,4392	68,2045	456,206	248,920	
CP5	332,7843	68,2242	457,678	249,539	
	332,7842	68,2245	457,679	249,537	
	332,7843	68,2242	457,678	249,539	
CM8	332,2259	68,1520	453,683	248,028	
	332,2261	68,1524	453,685	248,026	
	332,2262	68,1523	453,684	248,027	
CM9	332,6131	68,2514	456,890	248,856	
	332,6134	68,2506	456,887	248,862	
	332,6130	68,2510	456,888	248,859	
RMF	337,5134	72,5192	572,046	263,541	
	337,5133	72,5188	572,044	263,544	
	337,5131	72,5197	572,048	236,536	

Datos día 30/11/2017 E.T: 361051 Decimocuarta Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1115	332,386433	332,6614	332,2532	332,8875	331,9437	332,4396	332,7840	332,2250	332,6127	337,5110
Hz (rad)	5,2168	5,22111389	5,2254	5,2190	5,2290	5,2142	5,2219	5,2274	5,2186	5,2247	5,3016
V (gon)	67,8683	67,96555	68,0628	67,6448	67,7750	68,1574	68,2043	68,2241	68,1525	68,2511	72,5190
V (rad)	1,0661	1,06760036	1,0691	1,0626	1,0646	1,0706	1,0714	1,0717	1,0705	1,0721	1,1391
Dh (m)	469,513	468,713667	467,914	470,042	468,193	454,053	456,208	457,680	453,688	456,891	572,056
Δz (m)	259,408	258,035	256,662	261,859	259,575	248,180	248,923	249,541	248,027	248,860	263,547
D.geom(m)	536,409	535,046	533,685			517,453	519,701	521,289			
				Dif Ref-Control(m)		18,956	15,346	12,396			

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1115	67,8683	469,513	259,408	
	332,1114	67,8684	469,513	259,407	
	332,1115	67,8683	469,513	259,408	
RP2	332,6614	68,0628	467,914	256,662	
	332,6614	68,0628	467,915	256,662	
	332,6614	68,0627	467,914	256,663	
RM6	332,2533	67,6447	470,042	261,860	
	332,2532	67,6448	470,043	261,859	
	332,2530	67,6448	470,042	261,859	
RM7	332,8877	67,7752	468,194	259,574	
	332,8874	67,7747	468,192	259,577	
	332,8875	67,7751	468,194	259,575	
CP3	331,9438	68,1574	454,053	248,180	
	331,9436	68,1574	454,053	248,180	
	331,9437	68,1575	454,053	248,180	
CP4	332,4395	68,2041	456,208	248,924	
	332,4398	68,2044	456,209	248,922	
	332,4396	68,2043	456,208	248,923	
CP5	332,7840	68,2241	457,680	249,542	
	332,7840	68,2240	457,680	249,542	
	332,7839	68,2243	457,681	249,540	
CM8	332,2251	68,1525	453,688	248,027	
	332,2251	68,1526	453,688	248,026	
	332,2249	68,1524	453,688	248,028	
CM9	332,6126	68,2511	456,891	248,860	
	332,6127	68,2512	456,892	248,859	
	332,6127	68,2511	456,891	248,860	
RMF	337,5111	72,5191	572,056	263,546	
	337,5111	72,5188	572,055	263,549	
	337,5109	72,5190	572,056	263,547	

Datos día 23/02/2018 E.T: 361051 Decimoquinta Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1110	332,386083	332,6611	332,2531	332,8876	331,9415	332,4374	332,7821	332,2246	332,6114	337,5116
Hz (rad)	5,2168	5,22110839	5,2254	5,2190	5,2290	5,2141	5,2219	5,2273	5,2186	5,2246	5,3016
V (gon)	67,8679	67,9649833	68,0621	67,5438	67,7744	68,1570	68,2037	68,2231	68,1518	68,2500	72,5179
V (rad)	1,0661	1,06759146	1,0691	1,0610	1,0646	1,0706	1,0713	1,0716	1,0705	1,0721	1,1391
Dh (m)	469,512	468,712	467,912	470,039	468,191	454,053	456,207	457,678	453,687	456,888	572,052
Δz (m)	259,411	258,039667	256,668	261,867	259,581	248,184	248,928	249,549	248,033	248,869	263,557
D.geom(m)	536,410	535,047	533,686			517,455	519,702	521,290			
				Dif Ref-Control(m)		18,955	15,345	12,395			

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1112	67,8678	469,511	259,412	
	332,1108	67,8679	469,512	259,411	
	332,1111	67,8680	469,512	259,411	
RP2	332,6609	68,0620	467,912	256,669	
	332,6608	68,0622	467,913	256,667	
	332,6617	68,0620	467,912	256,668	
RM6	332,2530	67,6439	470,039	261,866	
	332,2534	67,6438	470,039	261,867	
	332,2530	67,3438	470,039	261,867	
RM7	332,8875	67,7746	468,192	259,579	
	332,8876	67,7744	468,191	259,580	
	332,8878	67,7741	468,190	259,583	
CP3	331,9412	68,1568	454,052	248,186	
	331,9413	68,1569	454,052	248,185	
	331,9421	68,1573	454,054	248,182	
CP4	332,4376	68,2038	456,208	248,927	
	332,4375	68,2039	456,208	248,927	
	332,4372	68,2033	456,206	248,930	
CP5	332,7820	68,2232	457,678	249,549	
	332,7820	68,2229	457,677	249,550	
	332,7823	68,2233	457,678	249,548	
CM8	332,2241	68,1516	453,686	248,034	
	332,2249	68,1516	453,686	248,034	
	332,2247	68,1521	453,688	248,030	
CM9	332,6113	68,2502	456,889	248,867	
	332,6114	68,2498	456,888	248,870	
	332,6116	68,2499	456,888	248,869	
RMF	337,5115	72,5179	572,052	263,557	
	337,5117	72,5178	572,052	263,558	
	337,5115	72,5179	572,052	263,557	

Datos día31/05/2018 E.T: 361051Decimosexta Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1114	332,3866	332,6618	332,2540	332,8886	331,9443	332,4406	332,7854	332,2260	332,6139	337,5132
Hz (rad)	5,2168	5,2211165	5,2254	5,2190	5,2290	5,2142	5,2220	5,2274	5,2186	5,2247	5,3016
V (gon)	67,8681	67,9655167	68,0629	67,6448	67,7746	68,1571	68,2039	68,2240	68,1520	68,2512	75,5191
V (rad)	1,0661	1,06759984	1,0691	1,0626	1,0646	1,0706	1,0713	1,0717	1,0705	1,0721	1,1863
Dh (m)	469,505	468,706333	467,908	470,036	468,185	454,049	456,204	457,678	453,683	456,889	572,049
Δz (m)	259,405	258,031333	256,658	261,854	259,574	248,181	248,924	249,541	248,030	248,858	263,543
D.geom(m)	536,401	535,038	533,677			517,450	519,698	521,286			
				Dif Ref-Control(m)		18,951	15,340	12,390			

Datos					OBSERVACIONES
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	
RP1	332,1112	67,8679	469,504	259,407	
	332,1116	67,8684	469,506	259,403	
	332,1113	67,8681	469,505	259,405	
RP2	332,6618	68,0631	467,908	256,656	
	332,6619	68,0629	467,908	256,658	
	332,6618	68,0627	467,907	256,659	
RM6	332,2539	67,6446	470,035	261,856	
	332,2542	67,6451	470,037	261,852	
	332,2539	67,6448	470,036	261,855	
RM7	332,8885	67,7744	468,184	259,576	
	332,8886	67,7746	468,185	259,574	
	332,8886	67,7747	468,185	259,573	
CP3	331,9442	68,1570	454,049	248,182	
	331,9442	68,1570	454,048	248,182	
	331,9445	68,1574	454,050	248,180	
CP4	332,4406	68,2039	456,204	248,925	
	332,4406	68,2041	456,205	248,923	
	332,4407	68,2038	456,204	248,925	
CP5	332,7853	68,2239	457,677	249,542	
	332,7854	68,2241	457,678	249,540	
	332,7856	68,2241	457,678	249,540	
CM8	332,2268	68,1522	453,684	248,028	
	332,2256	68,1516	453,682	248,032	
	332,2255	68,1521	453,684	248,029	
CM9	332,6140	68,2508	456,888	248,861	
	332,6140	68,2510	456,889	248,859	
	332,6137	68,2517	456,891	248,855	
RMF	337,5132	75,5191	572,049	263,543	
	337,5133	75,5189	572,048	263,544	
	337,5131	75,5192	572,049	263,542	

Datos día31/08/2018 E.T: 361051 Decimoséptima Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1092	332,384067	332,6590	332,2512	332,8851	331,9412	332,4360	332,7806	332,2226	332,6102	337,5091
Hz (rad)	5,2168	5,22107671	5,2254	5,2190	5,2289	5,2141	5,2219	5,2273	5,2185	5,2246	5,3016
V (gon)	68,2020	68,1327167	68,0634	67,6450	67,7749	68,1581	68,2052	68,2244	68,1530	68,2515	72,5190
V (rad)	1,0713	1,07022621	1,0691	1,0626	1,0646	1,0706	1,0714	1,0717	1,0705	1,0721	1,1391
Dh (m)	469,507	468,708167	467,909	470,036	468,186	454,053	456,210	457,680	453,689	456,891	572,048
Δz (m)	259,401	258,0275	256,654	261,854	259,572	248,175	248,915	249,538	248,022	248,856	263,543
D.geom(m)	536,401	535,038	533,676			517,451	519,698	521,287			
				Dif Ref-Control(m)		18,950	15,340	12,389			

Datos					
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	OBSERVACIONES
RP1	332,1091	67,8688	469,507	259,401	
	332,1093	67,8687	469,507	259,401	
	332,1091	68,8686	469,507	259,402	
RP2	332,6591	68,0636	467,910	256,652	
	332,6587	68,0635	467,910	256,653	
	332,6591	68,0631	467,908	256,656	
RM6	332,2512	67,6450	470,036	261,854	
	332,2512	67,6450	470,036	261,853	
	332,2513	67,6449	470,036	261,854	
RM7	332,8850	67,7749	468,186	259,572	
	332,8849	67,7749	468,186	259,572	
	332,8853	67,7748	468,185	259,573	
CP3	331,9410	68,1578	454,052	248,176	
	331,9411	68,1581	454,054	248,175	
	331,9414	68,1583	454,054	248,173	
CP4	332,4359	68,2052	456,210	248,915	
	332,4361	68,2052	456,210	248,915	
	332,4361	68,2051	456,209	248,916	
CP5	332,7805	68,2246	457,681	249,537	
	332,7809	68,2242	457,678	249,540	
	332,7803	68,2244	457,680	249,538	
CM8	332,2229	68,1531	453,689	248,021	
	332,2227	68,1529	453,688	248,023	
	332,2222	68,1531	453,689	248,022	
CM9	332,6100	68,2511	456,890	248,859	
	332,6103	68,2515	456,891	248,856	
	332,6102	68,2519	456,893	248,853	
RMF	337,5093	72,5190	572,048	263,543	
	337,5092	72,5192	572,049	263,541	
	337,5089	72,5188	572,047	263,545	

Datos día03/12/2018 E.T: 361051 Decimoctava Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1109	332,3859	332,6609	332,2526	332,8868	331,9441	332,4390	332,7838	332,2246	332,6122	337,5111
Hz (rad)	5,2168	5,22110551	5,2254	5,2190	5,2290	5,2142	5,2219	5,2274	5,2186	5,2247	5,3016
V (gon)	67,8683	67,9657167	68,0631	67,6450	67,7747	68,1578	68,2047	68,2242	68,1525	68,2512	72,5191
V (rad)	1,0661	1,06760298	1,0691	1,0626	1,0646	1,0706	1,0714	1,0717	1,0705	1,0721	1,1391
Dh (m)	469,512	468,7135	467,915	470,043	468,191	454,053	456,209	457,680	453,687	456,891	572,056
Δz (m)	259,408	258,0335	256,659	261,857	259,577	248,178	248,920	249,540	248,026	248,859	263,546
D.geom(m)	536,409	535,045	533,684			517,452	519,700	521,288			
				Dif Ref-Control(m)		18,957	15,346	12,396			

Monitorización de movimientos de bloques rocosos... Aplicación a Montserrat.

Datos					
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	OBSERVACIONES
RP1	332,1109	67,8683	469,512	259,408	
	332,1109	67,8684	469,513	259,407	
	332,1108	67,8683	469,512	259,408	
RP2	332,6609	68,0632	467,915	256,659	
	332,6609	68,0631	467,915	256,659	
	332,6610	68,0630	467,914	256,660	
RM6	332,2528	67,6450	470,042	261,857	
	332,2525	67,6451	470,043	261,856	
	332,2526	67,6450	470,043	261,857	
RM7	332,8869	67,7748	468,191	259,577	
	332,8868	67,7747	468,191	259,577	
	332,8867	67,7747	468,191	259,577	
CP3	331,9440	68,1577	454,053	248,178	
	331,9442	68,1578	454,053	248,178	
	331,9441	68,1578	454,053	248,178	
CP4	332,4390	68,2046	456,209	248,920	
	332,4391	68,2047	456,209	248,920	
	332,4390	68,2047	456,209	248,920	
CP5	332,7839	68,2242	457,680	249,540	
	332,7839	68,2243	457,680	249,540	
	332,7837	68,2242	457,680	249,540	
CM8	332,2246	68,1524	453,687	248,027	
	332,2246	68,1526	453,687	248,026	
	332,2246	68,1526	453,688	248,025	
CM9	332,6122	68,2512	456,891	248,859	
	332,6122	68,2512	456,891	248,859	
	332,6122	68,2511	456,891	248,860	
RMF	337,5112	72,5192	572,056	263,545	
	337,5112	72,5191	572,056	263,546	
	337,5110	72,5191	572,056	263,546	

Datos día 04/03/2019 E.T: 360826 Decimonovena Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1102	332,3848	332,6594	332,2520	332,8860	331,9436	332,4383	332,7832	332,2245	332,6117	337,5078
Hz (rad)	5,2168	5,22108823	5,2254	5,2190	5,2290	5,2142	5,2219	5,2273	5,2186	5,2247	5,3016
V (gon)	67,8704	56,62335	45,3763	67,6465	67,7762	68,1599	68,2068	68,2248	68,1545	68,2525	72,5207
V (rad)	1,0661	0,8894375	0,7128	1,0626	1,0646	1,0707	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1392
Dh (m)	469,516	937,432	467,916	470,043	468,193	454,058	456,213	457,683	453,690	456,892	572,055
Δz (m)	259,387	516,031	256,644	261,842	259,561	248,159	248,901	249,515	248,012	248,846	263,530
D.geom(m)	536,410	535,047883	533,686			517,455	519,703	521,291			
				Dif Ref-Control(m)		18,955	15,345	12,395			

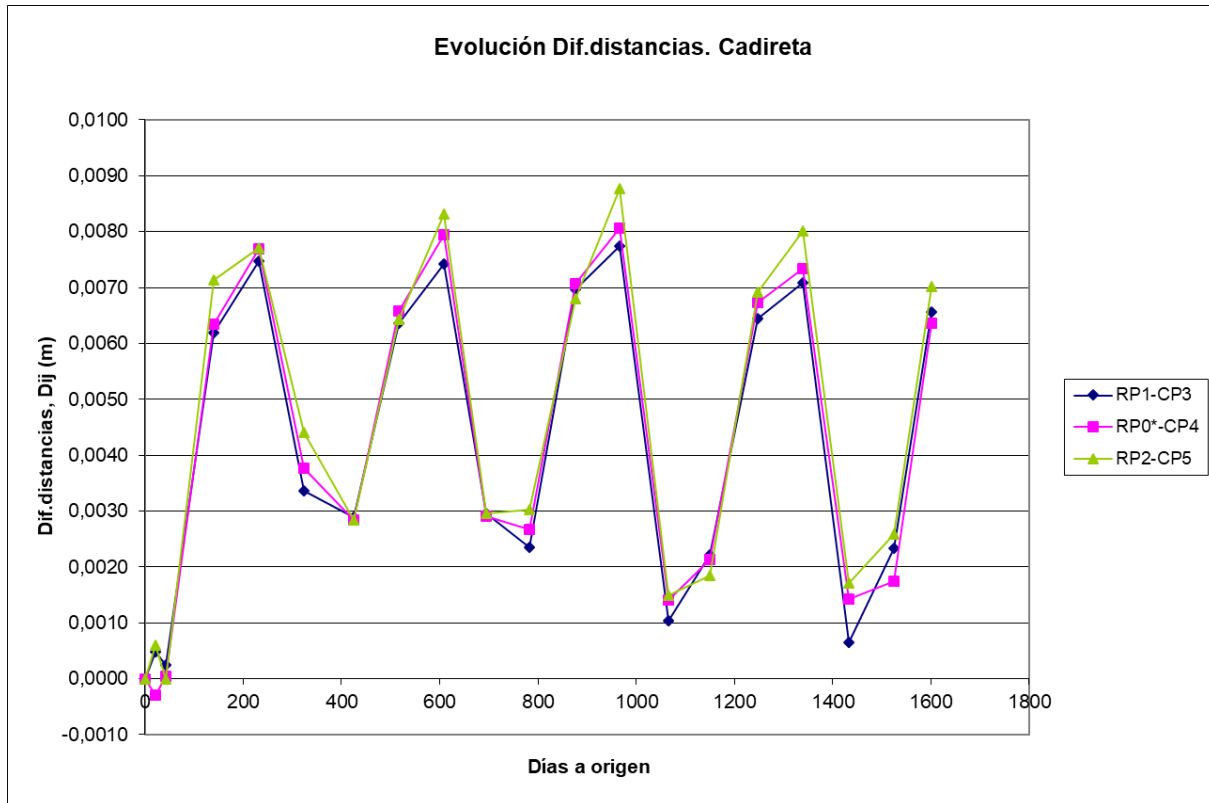
Datos					D.Geom(m) tomados en campo	
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)		
RP1	332,1102	67,8707	469,516	259,387	536,4098	
	332,1103	67,8701			536,4098	
	332,1102	67,8703			536,4101	
RP2	332,6595	68,0647	467,916	256,644	533,6857	
	332,6594	68,0643			533,6858	
	332,6592	68,0644			533,6861	
RM6	332,2525	67,6466	470,043	261,842	538,0624	
	332,2517	67,6463			538,0626	
	332,2518	67,6466			538,0625	
RM7	332,8864	67,7765	468,193	259,561	535,3367	
	332,8856	67,7761			535,3366	
	332,8860	67,7761			535,3365	
CP3	331,9436	68,1601	454,058	248,159	517,4551	
	331,9438	68,1598			517,4549	
	331,9435	68,1597			517,4546	
CP4	332,4387	68,2069	456,213	248,901	519,7025	
	332,4380	68,2067			519,7026	
	332,4381	68,2067			519,7024	
CP5	332,7834	68,2260	457,683	249,515	521,291	
	332,7831	68,2257			521,2912	
	332,7830	68,2227			521,2914	
CM8	332,2246	68,1542	453,690	248,012	517,0614	
	332,2245	68,1545			517,0613	
	332,2243	68,1548			517,0612	
CM9	332,6117	68,2526	456,892	248,846	520,2723	
	332,6117	68,2526			520,2725	
	332,6116	68,2523			520,2723	
RMF	337,5080	72,5205	572,055	263,530	629,8482	
	337,5078	72,5210			629,8481	
	337,5076	72,5207			629,8481	

Datos día 21/05/2019 E.T: 360826 Vigésima Campaña (promedio de las medidas)											
	RP1	RP0*	RP2	RM6	RM7	CP3	CP4	CP5	CM8	CM9	RMF
Hz (gon)	332,1102	333,05215	333,9941	332,2528	332,8877	331,9435	332,4393	332,7838	332,2250	332,6122	337,5120
Hz (rad)	5,2168	5,23157094	5,2464	5,2190	5,2290	5,2142	5,2219	5,2274	5,2186	5,2247	5,3016
V (gon)	67,8695	56,623	45,3765	67,6462	67,7759	68,1587	68,2062	68,2257	68,1542	68,2525	72,5199
V (rad)	1,0661	0,889432	0,7128	1,0626	1,0646	1,0706	1,0714	1,0717	1,0706	1,0721	1,1391
Dh (m)	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Δz (m)	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
D.geom(m)	536,405	535,042267	533,680			517,454	519,702	521,290			
				Dif Ref-Control(m)		18,951	15,341	12,390			

Monitorización de movimientos de bloques rocosos... Aplicación a Montserrat.

Datos					
	Hz (gon)	V (gon)	Dh (m)	Δz (m)	D.Geom(m)
RP1	332,1102	67,8697			536,4049
	332,1100	67,8695			536,4043
	332,1103	67,8692			536,4046
RP2	332,6606	68,0649			533,6806
	332,6608	68,0647			533,6793
	336,6610	68,0645			533,6799
RM6	332,2528	67,6460			538,0565
	332,2530	67,6462			538,0569
	332,2527	67,6464			538,0572
RM7	332,8877	67,7759			535,3309
	332,8877	67,7755			535,3318
	332,8876	67,7762			535,3314
CP3	331,9436	68,1588			517,4536
	331,9435	68,1586			517,4538
	331,9433	68,1586			517,454
CP4	332,4394	68,2061			519,7011
	332,4395	68,2062			519,7019
	332,4391	68,2063			519,7015
CP5	332,7839	68,2258			521,2898
	332,7838	68,2256			521,2893
	332,7837	68,2258			521,29
CM8	332,2249	68,1540			517,0594
	332,2251	68,1544			517,0587
	332,2250	68,1542			517,0596
CM9	332,6123	68,2525			520,271
	332,6123	68,2524			520,2712
	332,6120	68,2525			520,2705
RMF	337,5120	72,5200			629,8409
	337,5118	72,5195			629,8409
	337,5121	72,5203			629,8403

RESULTADO NETO DE CADA CAMPAÑA SIN CORRECCIÓN ATMOSFERICA						DIFERENCIAS A ORIGEN		
º CAMPANY	DATA	IES A ORIGEN	RP1-CP3	RP0*-CP4	RP2-CP5	RP1-CP3	RP0*-CP4	RP2-CP5
1	31/12/2014	0	18,9574	15,3471	12,3973	0,0000	0,0000	0,0000
2	22/01/2015	22	18,9569	15,3474	12,3967	0,0005	-0,0003	0,0006
3	11/02/2015	42	18,9571	15,3471	12,3973	0,0003	0,0000	0,0000
4	20/05/2015	140	18,9512	15,3408	12,3901	0,0062	0,0063	0,0071
5	19/08/2015	231	18,9499	15,3394	12,3895	0,0075	0,0077	0,0077
6	19/11/2015	323	18,9540	15,3434	12,3928	0,0034	0,0038	0,0044
7	29/02/2016	425	18,9545	15,3443	12,3944	0,0029	0,0028	0,0028
8	31/05/2016	517	18,9510	15,3406	12,3908	0,0064	0,0066	0,0064
9	31/08/2016	609	18,9499	15,3392	12,3889	0,0074	0,0080	0,0083
10	24/11/2016	694	18,9544	15,3442	12,3943	0,0030	0,0029	0,0030
11	20/02/2017	782	18,9550	15,3445	12,3942	0,0024	0,0027	0,0030
12	25/05/2017	876	18,9504	15,3401	12,3905	0,0070	0,0071	0,0068
13	24/08/2017	967	18,9496	15,3391	12,3885	0,0078	0,0081	0,0088
14	30/11/2017	1065	18,9563	15,3457	12,3958	0,0010	0,0014	0,0015
15	23/02/2018	1150	18,9551	15,3450	12,3954	0,0022	0,0021	0,0018
16	31/05/2018	1247	18,9509	15,3404	12,3903	0,0065	0,0067	0,0069
17	31/08/2018	1339	18,9503	15,3398	12,3892	0,0071	0,0073	0,0080
18	03/12/2018	1433	18,9567	15,3457	12,3956	0,0007	0,0014	0,0017
19	04/03/2019	1524	18,9550	15,3454	12,3947	0,0023	0,0018	0,0026
20	21/05/2019	1602	18,951	15,341	12,390	0,0066	0,0064	0,0070



Datos día 31/12/2014 E.T: 361051 Primera Campaña (promedio de las medidas)

	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,411082	535,048627	533,68743	517,453721	519,701492	521,290173
$\Delta D1$	11,9066052	12,106672	12,3067388	12,9777584	12,9777584	12,9777584
Dcorregida	536,417468	535,055105	533,693998	517,460436	519,708236	521,296939
Dif Ref-Control(m)	18,9570319	15,3468681	12,397059			

Datos día 22/01/2015 E.T: 361051 Segunda Campaña (promedio de las medidas)

	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,408649	535,045972	533,684545	517,451776	519,698539	521,287886
$\Delta D1$	16,6942681	16,6473592	16,6004503	17,4615857	17,4615857	17,1736181
Dcorregida	536,417603	535,054879	533,693404	517,460811	519,707613	521,296839
Dif Ref-Control(m)	18,9567923	15,3472658	12,3965653			

Datos día 11/02/2015 E.T: 361051 Tercera Campaña (promedio de las medidas)

	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,40841	535,045768	533,684384	517,451299	519,698672	521,287114
$\Delta D1$	17,0638587	17,0638587	17,0638587	17,3472432	17,3472432	17,2512147
Dcorregida	536,417563	535,054898	533,693491	517,460276	519,707687	521,296107
Dif Ref-Control(m)	18,9572872	15,3472111	12,3973842			

Datos día 20/05/2015 E.T: 361051 Cuarta Campaña (promedio de las medidas)

	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,408287	535,045367	533,683696	517,457126	519,704577	521,293526
ΔD1	25,3169575	25,3590746	25,4011917	25,2402849	25,2402849	25,4011917
Dcorregida	536,421868	535,058935	533,697252	517,470186	519,717695	521,306768
Dif Ref-Control(m)	18,9516811	15,3412401	12,3904846			

Datos día 19/08/2015 E.T: 361051 Quinta Campaña (promedio de las medidas)

	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,402383	535,039388	533,677644	517,4525	519,699949	521,288097
ΔD1	33,7652058	33,2563675	32,7475293	33,7652058	33,605601	33,605601
Dcorregida	536,420494	535,057182	533,69512	517,469972	519,717413	521,305615
Dif Ref-Control(m)	18,9505223	15,3397683	12,3895051			

Datos día 19/11/2015 E.T: 361051 Sexta Campaña (promedio de las medidas)

	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,405384	535,042339	533,680548	517,451381	519,698964	521,287699
ΔD1	18,706851	18,6145733	18,5222956	19,8328114	19,8328114	19,0874625
Dcorregida	536,415418	535,052299	533,690433	517,461644	519,709272	521,297649
Dif Ref-Control(m)	18,9537748	15,3430273	12,3927841			

Datos día 29/02/2016 E.T: 361051 Séptima Campaña (promedio de las medidas)

	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,406729	535,044023	533,682574	517,452252	519,699735	521,288153
ΔD1	23,4339044	23,3871923	23,3404802	23,3345841	23,3345841	23,3404802
Dcorregida	536,419299	535,056536	533,695031	517,464326	519,711862	521,300321
Dif Ref-Control(m)	18,9549723	15,3446742	12,3947099			

Datos día 31/05/2016 E.T: 361051 Octava Campaña (promedio de las medidas)

	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,403044	535,040401	533,67901	517,452041	519,699842	521,288179
ΔD1	28,5977738	28,4631231	28,3284724	29,6600916	29,6600916	29,2142256
Dcorregida	536,418384	535,05563	533,694129	517,467389	519,715256	521,303408
Dif Ref-Control(m)	18,950995	15,3403735	12,3907206			

Datos día 31/08/2016 E.T: 361051 Novena Campaña (promedio de las medidas)

	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,400371	535,037323	533,675523	517,450425	519,69814	521,286581
ΔD1	35,0215695	34,9857072	34,949845	35,3105985	35,3105985	35,2092101
Dcorregida	536,419156	535,056041	533,694174	517,468697	519,716491	521,304935
Dif Ref-Control(m)	18,9504595	15,3395506	12,3892396			

Datos día 24/11/2016 E.T: 361051 Decima Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,406476	535,043541	533,681858	517,452068	519,69931	521,287566
$\Delta D1$	18,2254966	17,6903298	17,155163	18,9800529	18,9800529	18,5969861
Dcorregida	536,416252	535,053006	533,691013	517,461889	519,709174	521,297261
Dif Ref-Control(m)	18,9543624	15,3438322	12,3937524			

Datos día 20/02/2017 E.T: 361051 Undécima Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,408369	535,045565	533,684	517,453365	519,701094	521,289771
$\Delta D1$	20,8629126	20,8629126	20,8629126	19,9075585	20,3887019	20,3887019
Dcorregida	536,41956	535,056728	533,695134	517,463666	519,71169	521,3004
Dif Ref-Control(m)	18,9558945	15,3450377	12,3947347			

Datos día 25/05/2017 E.T: 361051 Duodécima Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,398472	535,035819	533,674421	517,44808	519,695748	521,28397
$\Delta D1$	27,1180082	26,6664105	26,2148129	27,117161	27,117161	27,1146192
Dcorregida	536,413018	535,050087	533,688411	517,462111	519,709841	521,298105
Dif Ref-Control(m)	18,9509066	15,3402458	12,3903067			

Datos día 24/08/2017 E.T: 361051 Decimotercera Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,399125	535,036052	533,674232	517,449515	519,696972	521,285753
$\Delta D1$	25,7589476	25,3023745	24,8458013	26,6696311	26,6696311	26,6678341
Dcorregida	536,412942	535,04959	533,687492	517,463315	519,710832	521,299655
Dif Ref-Control(m)	18,9496267	15,3387577	12,3878371			

Datos día 30/11/2017 E.T: 361051 Decimocuarta Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,409167	535,046318	533,684717	517,452838	519,70059	521,288945
$\Delta D1$	13,104233	12,9564384	12,8086438	14,1840798	14,1840798	13,4950058
Dcorregida	536,416196	535,05325	533,691552	517,460177	519,707962	521,29598
Dif Ref-Control(m)	18,9560192	15,3452889	12,3955722			

Datos día 23/02/2018 E.T: 361051 Decimoquinta Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,409773	535,047109	533,685688	517,454624	519,702107	521,290274
$\Delta D1$	17,536459	17,7796752	18,0228914	15,5782047	15,5782047	16,5588712
Dcorregida	536,41918	535,056622	533,695307	517,462685	519,710203	521,298906
Dif Ref-Control(m)	18,9564956	15,3464185	12,3964007			

Datos día31/05/2018 E.T: 361051Decimosexta Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,400875	535,038126	533,676627	517,449967	519,697717	521,286285
$\Delta D1$	33,64266	32,8575658	32,0724715	33,9070016	33,9070016	33,6297176
Dcorregida	536,418921	535,055706	533,693743	517,467512	519,715339	521,303816
Dif Ref-Control(m)	18,9514088	15,3403669	12,3899278			

Datos día31/08/2018 E.T: 361051 Decimoséptima Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,400853	535,037883	533,676165	517,450572	519,698088	521,286924
$\Delta D1$	32,7810969	32,6573959	32,5336949	33,5480034	33,5480034	33,1290081
Dcorregida	536,418437	535,055356	533,693527	517,467932	519,715523	521,304194
Dif Ref-Control(m)	18,9505049	15,3398327	12,3893335			

Datos día03/12/2018 E.T: 361051 Decimoctava Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,408584	535,045449	533,683566	517,451878	519,699738	521,288014
$\Delta D1$	20,7207084	20,6732241	20,6257398	20,7267522	20,7267522	20,7267522
Dcorregida	536,419698	535,05651	533,694574	517,462604	519,71051	521,298819
Dif Ref-Control(m)	18,9570949	15,3459998	12,3957546			

Datos día04/03/2019 E.T: 360826 Decimonovena Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,4099	535,047883	533,685867	517,454867	519,7025	521,2912
$\Delta D1$	26,8131882	26,8131882	26,8131882	26,2747043	26,2747043	26,7222395
Dcorregida	536,424283	535,06223	533,700176	517,468463	519,716155	521,30513
Dif Ref-Control(m)	18,9550333	15,3453833	12,3946667			

Datos día04/03/2019 E.T: 360826 Decimonovena Campaña (promedio de las medidas)						
	RP1	RP0*	RP2	CP3	CP4	CP5
D.Geom (m)	536,4046	535,042267	533,679933	517,4538	519,7015	521,2897
$\Delta D1$	32,2846554	31,8432297	31,4018039	33,1504235	33,1504235	33,1504235
Dcorregida	536,421918	535,059304	533,696692	517,470954	519,718728	521,306981
Dif Ref-Control(m)	18,9550333	15,3453833	12,3946667			

PROMEDIOS

FECHA	Presión	Temperatura	Humedad	Horas
31/12/2014	950	6,5	32	13:54
22/01/2015	935	7	47,5	16:10
11/02/2015	946	10	33	16:00
20/05/2015	942	17,5	46	11:08
19/08/2015	945	28	36	14:00
19/11/2015	953	14	49	16:50
29/02/2016	934	13	40	13:55
31/05/2016	943	22	36,5	16:57
31/08/2016	943	29	38	17:10
24/11/2016	935	8	64	16:40
20/02/2017	943	13	50	14:15
25/05/2017	940	19	31	12:38
24/08/2017	945	19	34	14:36
30/11/2017	938	4	32	17:07
23/02/2018	931	5	44	11:55
31/05/2018	941	26	50	14:50
31/08/2018	949	28	35	16:11
03/12/2018	945	13	57,5	12:54
04/03/2019	940	18	38	14:15
21/05/2019	941	25	39	15:30

OLIVER

Datos día 03/12/2018 E.T: 361051 Primera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)						
Nombre del punto	H _z	V	Distancia Horizontal	Diferencia de Altura	Distancia Geométrica	
R1	70,1612	54,7309	72,128	62,134	95,200	
	70,1613	54,7307	72,128	62,134	95,200	
R2	71,7373	54,861	72,726	62,39	95,821	
	71,7373	54,861	72,726	62,39	95,821	
R3	73,1604	55,3643	73,321	61,9	95,956	
	73,1604	55,3643	73,323	61,902	95,959	
R4	74,2719	57,3961	73,077	57,804	93,175	
R5	73,0394	58,6298	71,547	54,373	89,863	
	73,0394	58,6298	71,546	54,373	89,862	
R6	69,0111	59,7434	73,24	53,665	90,797	
R7	68,6592	58,6502	73,772	56,027	92,635	
	68,6592	58,6502	73,773	56,027	92,636	
R8	68,4801	56,7647	72,908	58,855	93,699	
R9	68,3426	55,3064	72,419	61,252	94,849	
	68,3426	55,3064	72,419	61,253	94,850	
C1	69,4168	55,803	71,622	59,626	93,193	
C2	70,8296	55,8393	71,96	59,838	93,589	
C3	72,0897	53,0807	72,518	59,839	94,019	
C4	73,1444	56,3584	72,996	59,7	94,300	
C5	70,4414	57,4349	72,323	57,136	92,169	
C6	71,6556	57,4348	72,678	57,417	92,622	
C7	73,0408	57,5142	73,159	57,648	93,143	
C8	69,9621	59,2318	72,937	54,349	90,959	
C9	70,847	59,0842	72,964	54,633	91,151	
Hora: 14:30 T: 12,7C w: 54% p: 945						

Datos día 03/12/2018 E.T: 360826 Primera Campaña (promedio de las medidas)									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
H _z (gon)	70,1613	71,7373	73,1604	74,2719	73,0394	69,0111	68,6592	68,4801	68,3426
H _z (rad)	1,1021	1,1268	1,1492	1,1667	1,1473	1,0840	1,0785	1,0757	1,0735
V (gon)	54,7308	54,8610	36,9095	57,3961	58,6298	59,7434	58,6502	56,7647	55,3064
V (rad)	0,8597	0,8618	0,5798	0,9016	0,9210	0,9384	0,9213	0,8917	0,8688
Dh (m)	144,256	145,452	123,802	73,077	143,093	73,240	147,545	58,855	144,838
Δz (m)	124,268	124,780	123,802	57,804	108,746	53,665	112,054	58,855	122,505
D.geom(m)	95,200	95,821	95,958	93,175	89,863	90,797	92,636	93,699	94,849
			Dif Ref-Control(m)		1,6561	2,2320	1,8016	1,6575	1,5298
					C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8
Datos día 03/12/2018 E.T: 360826 Primera Campaña (promedio de las medidas)									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
H _z (gon)	69,4168	70,8296	72,0897	73,1444	70,4414	71,6556	73,0408	69,9621	70,8470
H _z (rad)	1,0904	1,1126	1,1324	1,1489	1,1065	1,1256	1,1473	1,0990	1,1129
V (gon)	55,8030	55,8393	53,0807	56,3584	57,4349	57,4348	57,5142	59,2318	59,0842
V (rad)	0,8766	0,8771	0,8338	0,8853	0,9022	0,9022	0,9034	0,9304	0,9281
Dh (m)	71,622	71,960	72,518	72,996	72,323	72,678	73,159	72,937	72,964
Δz (m)	59,626	59,838	59,839	59,700	57,136	57,417	57,648	54,349	54,633
D.geom(m)	93,193	93,589	94,019	94,300	92,169	92,622	93,143	90,959	91,151
	0,5513	-0,2324	1,6764	-1,2882					
	C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5					

Datos día 04/03/2019 E.T: 360826 Segunda Campaña sin prisma (promedio de las medidas)						
Nombre del punto	H _z	V	Distancia Horizontal	Diferencia de Altura	Distancia Geométrica	Distancia Geométrica sin f
R1	70,1612	54,7308	72,1284	62,135	95,201	95,201
R2	71,7373	54,861	72,7257	62,3885	95,819	95,8195
R3	73,1604	55,3643	73,3226	61,9023	95,959	95,959
R4	74,2719	57,3961	73,075	57,802	93,172	93,173
R5	73,0394	58,6298	71,547	54,372	89,863	89,863
R6	69,0111	59,746	73,2398	53,66	90,794	90,7936
	69,0116	59,7466	73,2398	53,66	90,794	90,7937
R7	68,6592	58,6502	73,773	56,027	92,636	92,637
R8	68,4801	56,7647	72,908	58,855	93,699	93,699
R9	68,3426	55,3064	72,42	61,253	94,850	94,85
C1	69,4168	55,803	71,622	59,627	93,194	93,194
C2	70,8296	55,8393	71,96	59,838	93,589	93,588
C3	72,0897	53,0807	72,517	59,839	94,018	94,019
C4	73,1444	56,3584	72,997	59,701	94,301	94,301
C5	70,4414	57,4349	72,323	57,135	92,168	92,169
C6	71,6556	57,4348	72,678	54,417	90,793	92,621
C7	73,0408	57,5142	73,158	57,648	93,142	93,143
C8	69,9621	59,2318	72,936	54,349	90,959	90,959
C9	70,847	59,0842	72,965	54,634	91,152	91,153
Hora: 13:00	T: 14,8C	w: 41%	p: 941			

Datos día 04/03/2019 E.T: 360826 Tercera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
H _z (gon)	70,1612	71,7373	73,1604	74,2719	73,0394	69,0114	68,6592	68,4801	68,3426
H _z (rad)	1,1021	1,1268	1,1492	1,1667	1,1473	1,0840	1,0785	1,0757	1,0735
V (gon)	54,7308	54,8610	55,3643	57,3961	58,6298	59,7463	29,3251	56,7647	55,3064
V (rad)	0,8597	0,8618	0,8697	0,9016	0,9210	0,9385	0,4606	0,8917	0,8688
D _h (m)	72,128	72,726	61,902	73,075	71,547	146,480	73,773	58,855	72,420
Δ _z (m)	62,135	62,389	61,902	57,802	54,372	107,320	56,027	58,855	61,253
D _{geom} (m)	95,201	95,820	95,959	93,173	89,863	90,794	92,637	93,699	94,850
			Dif Ref-Control(m)		1,6560	2,2315	1,8005	1,6580	1,5300
					C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8

Datos día 04/03/2019 E.T: 360826 Tercera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
H _z (gon)	69,4168	70,8296	72,0897	73,1444	70,4414	71,6556	73,0408	69,9621	70,8470
H _z (rad)	1,0904	1,1126	1,1324	1,1489	1,1065	1,1256	1,1473	1,0990	1,1129
V (gon)	55,8030	55,8393	53,0807	56,3584	57,4349	57,4348	57,5142	59,2318	59,0842
V (rad)	0,8766	0,8771	0,8338	0,8853	0,9022	0,9022	0,9034	0,9304	0,9281
D _h (m)	71,622	71,960	72,517	72,997	72,323	72,678	73,158	72,936	72,965
Δ _z (m)	59,627	59,838	59,839	59,701	57,135	54,417	57,648	54,349	54,634
D _{geom} (m)	93,194	93,588	94,019	94,301	92,169	92,621	93,142	90,959	91,153
Dif Ref-Cont	0,5527	-0,2310	1,6780	-1,2900					
	C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5					

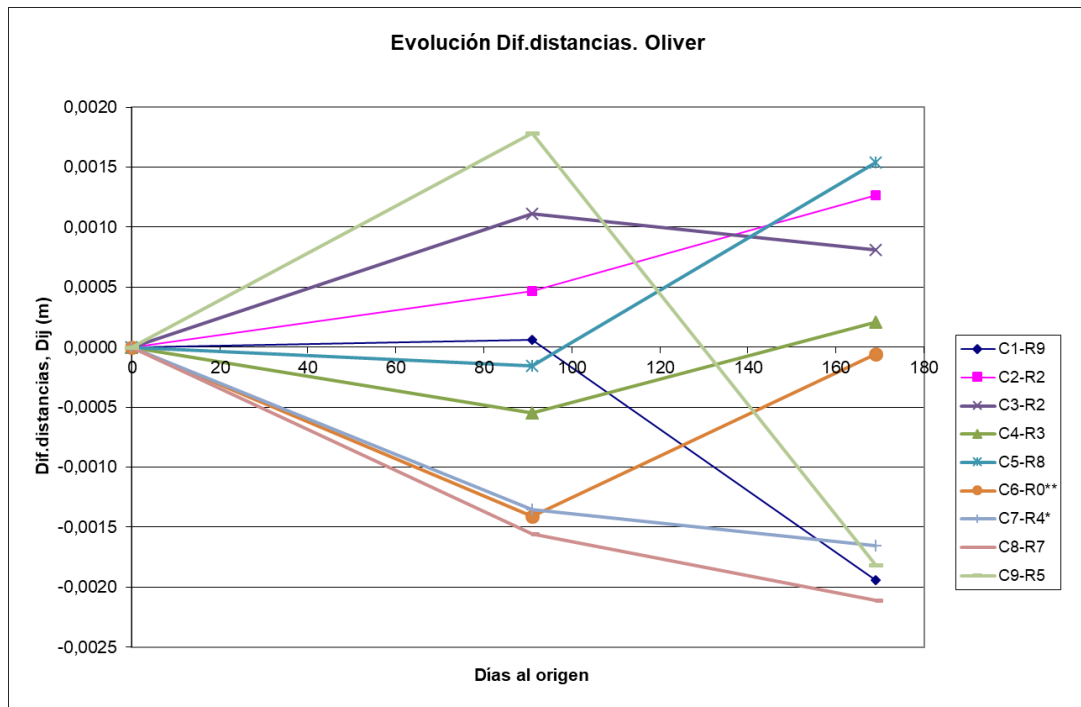
Monitorización de movimientos de bloques rocosos... Aplicación a Montserrat.

Datos día 21/05/19 E.T: 360826 Tercera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)						
Nombre del punto	Hz	V	Distancia Horizontal	Diferencia de Altura	Distancia Geométrica	Distancia Geométrica sin i
R1	70,1613	54,7304			0,000	95,199
	70,1619	54,7307			0,000	95,2002
R2	71,7365	54,8605			0,000	95,8198
	71,7365	54,8613			0,000	95,8187
R3	73,1602	55,3639			0,000	95,9576
	73,1599	55,3646			0,000	95,955
R4	74,2712	57,3954			0,000	93,1833
	74,2733	57,3952			0,000	93,1826
R5	73,0391	58,6295			0,000	89,8624
	73,0384	58,6294			0,000	89,8632
R6	69,0109	59,7446			0,000	90,794
	69,0101	59,7445			0,000	90,7939
R7	68,6592	58,6502			0,000	92,6359
	68,6592	58,6501			0,000	92,6364
R8	68,4807	56,7649			0,000	93,6971
	68,4805	56,7649			0,000	93,6968
R9	68,3422	55,3059			0,000	94,8493
	68,342	55,3062			0,000	94,8496
C1	69,4172	55,8031			0,000	93,1911
	69,4171	55,8031			0,000	93,1918
C2	70,8292	55,8395			0,000	93,5887
	70,8302	55,8391			0,000	93,5884
C3	72,0899	56,0803			0,000	94,0187
	72,0896	56,0801			0,000	94,0182
C4	73,144	56,359			0,000	94,2985
	73,1449	56,359			0,000	94,2996
C5	70,4416	57,4348			0,000	92,1686
	70,4417	57,4346			0,000	92,1687
C6	71,6562	57,4348			0,000	92,6205
	71,6558	57,4339			0,000	92,6209
C7	73,0407	57,5147			0,000	93,1404
	73,0401	57,515			0,000	93,1401
C8	69,9624	59,2322			0,000	90,9579
	69,9623	59,2321			0,000	90,9573
C9	70,8464	59,0844			0,000	91,1497
	70,8466	59,0846			0,000	91,1487
Hora: 17:30	T: 20C	w: 38%	p: 941			

Datos día 04/03/2019 E.T: 360826 Tercera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
Hz (gon)	70,1616	71,7365	73,1601	74,2723	73,0388	69,0105	68,6592	68,4807	68,3421
Hz (rad)	1,1021	1,1268	1,1492	1,1667	1,1473	1,0840	1,0785	1,0757	1,0735
V (gon)	54,7306	54,8609	55,3643	57,3953	58,6295	59,7446	58,6502	56,7649	55,3061
V (rad)	0,8597	0,8618	0,8697	0,9016	0,9209	0,9385	0,9213	0,8917	0,8687
Dh (m)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Δz (m)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
D.geom(m)	95,200	95,819	95,956	93,183	89,863	90,794	92,636	93,697	94,849
			Dif Ref-Control(m)		1,6580	2,2307	1,8008	1,6573	1,5283
					C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8

Datos día 04/03/2019 E.T: 360826 Tercera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Hz (gon)	69,4168	70,8296	72,0897	73,1444	70,4414	71,6556	73,0408	69,9621	70,8470
Hz (rad)	1,0904	1,1126	1,1324	1,1489	1,1065	1,1256	1,1473	1,0990	1,1129
V (gon)	55,8030	55,8393	53,0807	56,3584	57,4349	57,4348	57,5142	59,2318	59,0842
V (rad)	0,8766	0,8771	0,8338	0,8853	0,9022	0,9022	0,9034	0,9304	0,9281
Dh (m)	71,622	71,960	72,517	72,997	72,323	72,678	73,158	72,936	72,965
Δz (m)	59,627	59,838	59,839	59,701	57,135	54,417	57,648	54,349	54,634
D.geom(m)	93,194	93,588	94,019	94,301	92,169	92,621	93,142	90,959	91,153
Dif Ref-Cont	0,5527	-0,2310	1,6780	-1,2900					
	C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5					

RESULTADO DE CADA CAMPAÑA CON CORRECCION ATMOSFERICA								DIFERENCIAS AL ORIGEN				
Nº de Campaña	Día	Días al Origen	C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8	C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8
1	03/12/2018	0	1,6561	2,2320	1,8016	1,6575	1,5298	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	04/03/2019	91	1,6560	2,2315	1,8005	1,6580	1,5300	0,0001	0,0005	0,0011	-0,0005	-0,0002
3	21/05/2019	169	1,6580	2,2307	1,8008	1,6573	1,5283	-0,0019	0,0013	0,0008	0,0002	0,0015
Nº de Campaña	Día	Días al Origen	C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5	DIFERENCIAS AL ORIGEN					
							C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5		
1	03/12/2018	0	0,5513	-0,2324	1,6764	-1,2882	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		
2	04/03/2019	91	0,5527	-0,2310	1,6780	-1,2900	-0,0014	-0,0014	-0,0016	0,0018		
3	21/05/2019	169	0,5513	-0,2307	1,6786	-1,2864	-5,7535E-05	-0,00165608	-0,00210905	-0,00181749		



Corrección por temperatura									
Datos día 03/12/2018 E.T: 361051 Primera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D. Geom (m)	95,2002224	95,820578	95,95754	93,1748375	89,8628109	90,7966399	92,6358812	93,6989194	94,8492505
ΔD1	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378
D. Corregida	95,2021299	95,822498	95,9594628	93,1767045	89,8646116	90,7984593	92,6377374	93,7007968	94,851151
Dif Ref-Cont	1,65609314	2,23201318	1,80164667	1,6574883	1,52987263	0,55127018	-0,23236073	1,67647454	-1,2882433
	C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8	C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5

Corrección por temperatura									
Datos día 03/12/2018 E.T: 361051 Primera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
D. Geom (m)	93,1931905	93,5886096	94,0189675	94,3000849	92,1690774	92,621831	93,1425316	90,9594402	91,1510284
ΔD1	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378	20,0374378
D. Corregida	93,1950579	93,5904849	94,0208514	94,3019745	92,1709242	92,6236869	93,1443979	90,9612628	91,1528549
Dif Ref-Control(m)									

Corrección por temperatura									
Datos día 03/04/2019 E.T: 360826 Segunda Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D.Geom (m)	95,201	95,8195	95,959	93,173	89,863	90,79365	92,637	93,699	94,85
ΔD1	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387
D. Corregida	95,2031953	95,8217096	95,9612128	93,1751485	89,8650722	90,7957437	92,6391362	93,7011607	94,8521872
Dif Ref-Cont	1,65603819	2,23155146	1,80054152	1,65803823	1,53003528	0,55267941	-0,23100533	1,67803869	-1,29002975
	C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8	C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5
Corrección por temperatura									
Datos día 03/12/2018 E.T: 361051 Primera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
D.Geom (m)	93,194	93,588	94,019	94,301	92,169	92,621	93,142	90,959	91,153
ΔD1	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387	23,0596387
D. Corregida	93,196149	93,5901581	94,021168	94,3031745	92,1711254	92,6231358	93,1441478	90,9610975	91,155102
Dif Ref-Control(m)									

Corrección por temperatura									
Datos día 21/05/2019 E.T: 360826 Tercera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
D.Geom (m)	95,1996	95,81925	95,9563	93,18295	89,8628	90,79395	92,63615	93,69695	94,84945
ΔD1	30,4075572	30,4075572	30,4075572	29,1059713	29,1059713	30,4075572	29,1059713	29,1059713	29,1059713
D. Corregida	95,2024948	95,8221636	95,9592178	93,1856622	89,8654155	90,7967108	92,6388463	93,6996771	94,8522107
Dif Ref-Cont	1,65808725	2,23092881	1,80101647	1,65746259	1,52838305	0,55145384	-0,23056432	1,67867693	-1,28635921
	C1-R9	C2-R2	C3-R2	C4-R3	C5-R8	C6-R0**	C7-R4*	C8-R7	C9-R5

Corrección por temperatura									
Datos día 21/05/2019 E.T: 360826 Tercera Campaña sin prisma (promedio de las medidas)									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
D.Geom (m)	93,19145	93,58855	94,01845	94,29905	92,16865	92,6207	93,14025	90,9576	91,1492
ΔD1	28,6875107	28,6875107	28,6875107	28,6875107	28,6875107	28,2476478	28,2476478	28,2476478	28,2476478
D. Corregida	93,1941234	93,5912348	94,0211472	94,3017552	92,1712941	92,6233163	93,142881	90,9601693	91,1517748
Dif Ref-Control(m)									

ANEJO C

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INSTRUMENTACIÓN

ESTACIÓN TOTAL LEICA TM30

Leica TM30 Especificaciones

Medición angular		
Precisión ¹⁾	0,5" (0.15 mgon), 1" (0.3 mgon)	
Método	Absoluto, continuo, cuádruple	
Distanciómetro (Prisma)		
Alcance	Prisma circular (GPR1)	3500 m
Precisión ²⁾ / Tiempo de medición	Preciso ^{3,4)}	0,6 mm + 1 ppm/ tip. 7s
	Estándar	1 mm + 1 ppm/ tip. 2,4 s
Método	Análisis basado en mediciones de desplazamiento de fase (coaxial, láser rojo visible)	
Distanciómetro (Sin prisma)		
Alcance ⁵⁾	1000 m	
Precisión ^{2,6)} /Tiempo de medición	2 mm + 2 ppm / tip. 3 s	
Método	Análisis basado en mediciones de desplazamiento de fase (coaxial, láser rojo visible)	
Motorización		
Aceleración máxima	400 gon (360°)/s ²	
Velocidad de rotación	200 gon (180°)/s	
Tiempo para vuelta de campana	2,9 s	
T. de posic. para 200 gon (180°)	2,3 s	
Método	Direct drives basado en tecnología piezo eléctrica	
Reconocimiento automatico de prisma (ATR)		
Alcance ¹⁾	Prisma circular (GPR1)	3000 m
Precisión ¹⁾ / Tiempo de medición (GPR1)	Precisión angular de ATR Hz, V	1"/3 - 4 s
	Precisión de posicionamiento de base	±1 mm
	Precisión de puntería a 3000 m	±7 mm
Espacio mínimo entre prismas a 200 m	0,3 m	
Método	Procesamiento de imagen digital	
General		
Aumento del anteojo/ Alcance del enfoque	30 x / 1,7 m a infinito	
Pantalla y teclado	¼ VGA, color, táctil, 34 teclas, iluminada	
Registro de datos	Memoria interna de 256 MB, tarjeta CompactFlash 256 MB ó 1 GB	
Interfaz	RS232, Bluetooth® inalámbricos	
Manejo	Tres tornillos sin fin para el manejo manual por una o dos manos	
	Tecla configurable por el usuario, para rápidas y precisas mediciones	
	Plomada láser	
Consumo de energía en modo "Standby"	Tip. 5,9 W	
Seguridad	Protección mediante contraseña y bloqueo del teclado	
Temperatura de funcionamiento	-20° C a + 50° C (- 4° F a + 122° F)	
Polyo / Agua (IEC 60529)	IP54	
Humedad	95%, sin condensación	

MULTIESTACION LEICA MS60

Leica Nova MS60 MultiStation

MEDICIÓN ANGULAR

Precisión ¹ Hz y V	Absoluto, continuo, cuádruple	1" (0.3 mgon)
-------------------------------	-------------------------------	---------------

MEDICIÓN DE DISTANCIAS

Alcance ²	Prisma (GPR1, GPH1P) ³	1.5m a >10,000m
	Sin Prisma / A cualquier superficie ⁴	1.5m a 2000m
Precisión / Tiempo de Medición	Normal (a prisma) ^{2,3}	1mm + 1.5ppm / normalmente 1.5s
	Normal (a cualquier superficie) ^{2,4,5,6}	2mm + 2ppm / normalmente 1.5s
Tamaño del punto láser	A 50m	8mm x 20mm
Tecnología de medición	Digitizador de forma de onda	Coaxial, láser rojo visible

ESCANER

Max. alcance ⁷ / Ruido	Modo 1000 Hz	300m / 1.0mm a 50m
	Modo 250 Hz	400m / 0.8mm a 50m
	Modo 62 Hz	500m / 0.6mm a 50m
	Modo 1 Hz	1000m / 0.6mm a 50m
(1 sigma) ⁴		
Datos de escaneo	Nube de puntos en 3D incluyendo color verdadero (RGB), intensidad y SNR	

IMÁGENES

Cámara gran angular y coaxial	Sensor Campo de visión (gran angular / coaxial) Tasa de muestreo	Sensor de 5 Mpixel CMOS 19.4° / 1.5° Hasta 20 frames por segundo
-------------------------------	--	--

MOTORIZACIÓN

Direct Drive con tecnología piezoeléctrica	Velocidad de rotación / Tiempo en cambiar a CI	Máximo 200 gon (180°) por s / norm. 2 s
--	--	---

PUNTERÍA AUTOMÁTICA - ATRplus

Alcance de la puntería a prisma ² / Alcance de seguimiento a prisma ²	Prisma Circular (GPR1, GPH1P) Prisma 360° (GRZ4, GRZ122)	1500m / 1000m 1000m / 1000m
Precisión ^{1,2} / Tiempo de medición	Precisión angular del ATRplus Hz, V	1" (0.3 mgon) / normalmente 2.5 s

POWERSEARCH

Alcance / Tiempo de Búsqueda	Prisma 360° (GRZ4, GRZ122)	300m / normalmente 5s
------------------------------	----------------------------	-----------------------

LUCES GUÍA DE REPLANTEO (EGL)

Rango de Trabajo / Precisión		5-150m / normalmente 5cm @ 100m
------------------------------	--	---------------------------------

GENERAL

Software de campo	Leica Captivate con apps	
Procesador	TI OMAP4430 1GHz Dual-core ARM® Cortex™A9 MPCore™	Sistema operativo - Windows EC7
Autoenfoco de objetivo	Aumentos / Rango Enfoque	30 x / 1.7m a infinito
Pantalla y teclado	5", WVGA, color, táctil, en ambas posiciones	37 teclas, iluminadas
Funcionamiento	3x tornillos sin fin, 1x tornillo para enfoque, 2x teclas de autoenfoco, SmartKey configurable	
Administración de energía	Batería intercambiable de iones de litio con capacidad de carga interna	Autonomía de uso 7-9 h
Almacenamiento de Datos	Memoria interna / Tarjeta de memoria	2 GB / Tarjeta SD 1 GB o 8 GB
Interfaces	RS232, USB, Bluetooth®, WLAN	
Peso	MultiEstación incl. batería	7,7kg
Especificaciones ambientales	Rango de Temperatura de Trabajo Polvo & Agua (IEC 60529) / Lluvia racheada Humedad	-20°C a 50°C IP65 / MIL-STD-810G, Método 506.5-I 95%, sin condensación

TLS LEICA RTC360

GENERAL

Escáner láser 3D	Escáner láser 3D de alta velocidad con sistema integrado de imágenes esféricas HDR y sistema inercial visual (VIS) para el registro en tiempo real.
------------------	---

RENDIMIENTO

Adquisición de datos	< 2 min para un escaneo a cúpula completa e imagen esférica HDR a una resolución de 6mm @ 10m
Registro en tiempo real	Alineación automática de la nube de puntos basada en el seguimiento en tiempo real del movimiento del escáner entre estacionamientos basado en el sistema inercial visual (VIS) mediante la unidad de medición inercial mejorada mediante vídeo
Escaneo doble	Eliminación automática de objetos en movimiento

ESCANEAR

Medición de distancias	Medición de alta velocidad y dinámica del tiempo de vuelo mejorada mediante la tecnología Waveform Digitising (WFD)
Clase de láser	1 (conforme a CEI 60825-1:2014), 1550nm (invisible)
Campo visual	360° (horizontal) / 300° (vertical)
Alcance	Min. 0.5 - hasta 130 m
Velocidad	hasta 2.000.000 puntos/segundo
Resolución	3 ajustes que puede seleccionar el usuario (3/6/12mm @ 10m)
Precisión*	Precisión angular de 18" Precisión del alcance 1,0 mm + 10 ppm Precisión de puntos 3D 1,9 mm @ 10 m 2,9 mm @ 20 m 5,3 mm @ 40 m
Nivel de ruido**	0,4 mm @ 10 m, 0,5 mm @ 20 m

IMÁGENES

Cámara	El sistema de 3 cámaras de 36 MP captura datos brutos de 432 MPx para una imagen esférica calibrada de 360° x 300°
Velocidad	1 min. para una imagen esférica HDR completa en cualquier condición lumínica
Alto rango dinámico (HDR)	Automático, 5 exposiciones

SENSORES DE NAVEGACIÓN

Sistema inercial visual	Sistema de medición inercial mejorado con vídeo para seguir el movimiento de la posición del escáner en relación al anterior estacionamiento en tiempo real
Inclinación	Basada en IMU, Precisión: 3° para cualquier inclinación
Sensores adicionales	Altímetro, brújula, GNSS

MANEJO

En el escáner	Control de pantalla táctil con el dedo, pantalla gráfica a todo color WGA, 480 x 800 píxeles
Dispositivos móviles	Aplicación Leica Cyclone FIELD 360 para tablets iPad o Android incluyendo: - Control remoto de las funciones de escaneo - Visualización de datos 2D y 3D - Etiquetado - Alineación automática de escaneos
Inalámbrico	Wireless LAN (802.11 b/g/n) integrada
Almacenamiento de datos	Leica MS256, memoria flash intercambiable de 256GB USB 3.0

DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Carcasa	Marco de aluminio y cubiertas laterales
Dimensiones	120mm x 240mm x 230mm / 4,7" x 9,4" x 9,1"
Peso	5,35kg / 11,7 lbs, nominal (sin baterías)
Mecanismo de montaje	Montaje rápido en un soporte de 5/8" sobre un trípode ligero / adaptador de base opcional / adaptador de base para prospección disponible

ALIMENTACIÓN

Batería interna	2x baterías internas recargables de ion de litio Leica GEB361 Duración: Generalmente hasta 4 horas Peso: 340 g por batería
Externa	Adaptador Leica GEV282 AC

MEDIO AMBIENTE

Temperatura de operación	-5° hasta +40° C
Temperatura de almacenamiento	-40° hasta +70° C
Polvo/humedad***	Protección frente a polvo y humedad IP54 (CEI 60529)



Leica Cyclone
FIELD 360



Leica Cyclone
REGISTER 360



Leica ScanStation
P50

active»
Customer Care

Active Customer Care de confianza

Active Customer Care constituye una auténtica colaboración entre Leica Geosystems y sus clientes. Customer Care Packages (CCPs) garantizan un óptimo mantenimiento del equipo, el software más actualizado para ofrecer los mejores resultados para su empresa. En el portal myWorld @ Leica Geosystems para el usuario encontrará una amplia variedad de información 24/7.

Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

Todas las especificaciones de precisión se proporcionan con un nivel del 68% conforme a la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida (JCGM100:2008) a menos que se indique lo contrario.

* Con un albedo del 89%.

** Para mediciones de un solo disparo

*** Para estacionamientos de abajo a arriba y de arriba a abajo con una inclinación de +/- 15°

Escáner: Láser de clase 1 según CEI 60825:2014

iPhone y iPad son marcas registradas de Apple Inc.